



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 146599**

**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN HOTEL SWISS BELINN DARMO  
CENTRUM MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS (SRBK)  
BERDASARKAN SNI 1729 : 2015**

**SUWARNI  
NRP . 3113 031 099**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Sungkono, CES.  
NIP. 19591130 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**PROYEK AKHIR TERAPAN – RC 146599**

**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN HOTEL SWISS BELINN DARMO  
CENTRUM MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS (SRBK)  
BERDASARKAN SNI 1729 : 2015**

**SUWARNI  
NRP . 3113 031 099**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Sungkono, CES.  
NIP. 19591130 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**





**FINAL PROJECT – RC 146599**

***MODIFICATION STRUCTURE AND  
CONSTRUCTION METHOD OF SWISS BELINN  
DARMO CENTRUM HOTEL USING  
CONCENTRICALLY BRACED FRAME (CBF) BASED  
ON SNI 1729: 2015***

**SUWARNI  
NRP . 3113 031 099**

**Supervisor  
Ir. Sungkono, CES.  
NIP. 19591130 198601 1 001**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING  
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE  
ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL SWISS BELINN DARMO CENTRUM MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM BRESING KONSENTRIS (SRBK) BERDASARKAN SNI 1729 : 2015

#### Proyek Akhir

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Terapan  
Pada  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, 18 Januari 2018

Disusun Oleh :



**SUWARNI**

NRP. 3113 041 099

19 JAN 2018

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing Proyek Akhir

18/-18  
1



**Ir. SUNGKONO, CES.**

DEPARTEMEN  
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

NIP. 19591130 198601 1 001



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :

Tanggal : 1/15/2018

<b>Judul Tugas Akhir Terapan</b>	Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Swiss Berlin Darmo Centrum Menggunakan Struktur Baja Sistem rangka Bresing Konstsentirs Berdasarkan SNI 1729 : 2015		
<b>Nama Mahasiswa</b>	<b>Suwarni</b>	<b>NRP</b>	<b>3113041099</b>
<b>Dosen Pembimbing 1</b>	<b>Ir. Sungkono, CES.</b> NIP 19591130 198601 1 001	<b>Tanda tangan</b>	
<b>Dosen Pembimbing 2</b>	<b>NIP -</b>	<b>Tanda tangan</b>	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
Kontrol dimensi gording Gambar notasi ukuran/dimensi Kontrol perhubungan pile cap	
	Ir. Boedi Wibowo, CES. NIP 19530424 198203 1 002
Kontrol angkur - gambar & posisi Metode pelaksanaan pasang angkur & pabrikan	
	Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
<b>Dosen Penguji 1</b>	<b>Dosen Penguji 2</b>	<b>Dosen Penguji 3</b>	<b>Dosen Penguji 4</b>
Ir. Boedi Wibowo, CES. NIP 19530424 198203 1 002	Ir. Sukobar, MT. NIP 19571201 198601 1 002	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	<b>Dosen Pembimbing 1</b>	<b>Dosen Pembimbing 2</b>



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 SUWARNI 2  
**NRP** : 1 3113041099 2  
**Judul Tugas Akhir** : MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL SWISS BELIAN DARMO MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKAI BRACING KONSENTRIS (SRBK) BERDASARKAN SNI 1729 : 2015  
**Dosen Pembimbing** : IR. SUNGKOND CES.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	10 MARET 2017	→ Desain pelat 2 arah di SAP,				
	JUM'AT	coba diperiksa lagi.				
		→ Menampilsan Portal tiap AS,		B	C	K
		untuk yg mengalami kendala.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ Beban bdech dari peraturan PIUG 1983 Apabila di SNI 1727 dan brosur tidak ada.		B	C	K
		→ Retaining wall dan bdech di SAP terpisah.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ Struktur Sloof rata dg T. Beam.				
				B	C	K
2.	14 MARET 2017	→ Sambungan las untuk profil yang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	SELASA	penampangnya tebal.				
		→ Dilanjutkan				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	31 MARET 2017	→ Kolom, coba gunakan profil Holo II				
	JUM'AT	atau lingkaran, coba gunakan struktur		B	C	K
		rangka pada Function Hall.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ Untuk menghitung struktur cang yg Ekstern				

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal





### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama**

**NRP**

**Judul Tugas Akhir**

**Dosen Pembimbing**

: 1. SUKARNI

2

: MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL SWISS  
 BELIM DAPUD MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANSA  
 BRESING KONSENTRIS (SRBK) BERDASARKAN SNI 1729: 2015  
 : IR. SUNKOND, CES.


No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4.	3 MEI 2017,	- Balok utama Kompak, Balok anak				
	RABU	boleh tidak kompak.				
		- Minggu depan/pertemuan selanjutnya		B	C	K
		Design berdasarkan AISI.				
5.	4 MEI 2017,	- Kolom pendek pada tangga boleh		B	C	K
	RABU	digunakan.		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Konsep SRPMK berdasarkan SNI				
		1729: 2015 tentang struktur				
		baja.		B	C	K
		- Rangka batang pada struktur atap		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		coba dimodelkan sendiri.				
		- Pembebanan pada tangga lihat SNI				
		172: 2013.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	19 MEI 2017,	- Gempa coba dihitung manual.				
	JUM'AT	Karena di SAP belum memenuhi.				
		- Sambungan sederhana pada		B	C	K
		jointnya. (Karena struktur rigid).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Sambungan momen = Kaku.				

**Ket :**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = TerLAMBAT dari jadwal



### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 SUVARNI 2  
**NRP** : 1 313041099 2  
**Judul Tugas Akhir** : MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL SWISS  
 BELINN DARMO MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM RANGKA  
 BRESING KONSENTRIS (SRBK) BERDASARKAN SNI 1729:2015  
**Dosen Pembimbing** : IR. SUNKONO, CES

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	23 MEI 2017,	- $l_b$ = jarak antar pengekang.				
	SELASA	Coba didesain menjadi bentang				
		menengah pelat belum memberi		B	C	K
		kekangan pada balok. ✓		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tumpuan Kribka paska konstruksi				
		memberi pengekangan lateral.				
		OK apabila masa konstruksi		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE  
PELAKSANAAN HOTEL SWISS BELINN DARMO  
CENTRUM MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA SISTEM  
BRESING KONSENTRIS (SRBK) BERDASARKAN SNI  
1729 : 2015**

**Nama Mahasiswa** : Suwarni  
**NRP** : 3113041099  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sungkono, CES.

**ABSTRAK**

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai potensi gempa tinggi sehingga diperlukan bangunan tahan gempa. Pada struktur baja terdapat beberapa sistem rangka untuk merencanakan bangunan tahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK). Hotel Swis Belinn Darmo Centrum Surabaya awalnya dikonstruksikan menggunakan struktur beton bertulang, yang kemudian penulis modifikasi menggunakan struktur baja, Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana struktur rangka harus didesain berperilaku *strong column weak beam* untuk memastikan tidak terjadi sendi plastis di kolom yang dapat menyebabkan *story mechanism*.

Hotel Swis Belinn Centrum Darmo Surabaya memiliki 1 lantai basement, 16 lantai dan rangka atap struktur baja. Perhitungan konstruksi bangunan baja Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK) ini mengacu pada Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural menurut SNI 03-1729-2015, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012, Beban Minimum Perencanaan Gedung SNI 03-1727-2013. Efek dinamis gempa dengan metode respon spektrum sebagai analisa struktur dihitung menggunakan program

SAP 2000v14.2.2 untuk mendapatkan dimensi struktur yang optimal.

Dari hasil analisis didapatkan tebal pelat bondek atap sebesar 9 cm, tebal pelat bondek lantai ruang hotel sebesar 13 cm, dimensi balok anak atap WF 300x150x6,5x9, balok anak lantai hotel WF 350x175x7x11, balok induk atap melintang WF450x200x9x14, balok induk atap memanjang WF 350x175x7x11, balok induk melintang H 450x300x12x22, balok induk memanjang H 450x300x12x22, untuk jenis struktur balok lainnya dapat dilihat pada kesimpulan, kolom komposit Kingcross 700x300x13x24 untuk kolom tengah lantai satu sampai empat, dan kolom komposit Kingcross 588x300x12x20 untuk lantai lima sampai enam belas dan lantai satu sampai enam belas untuk kolom tepi. Direncanakan pondasi dengan dimensi tiang pancang bulat berdiameter 60 cm dengan kedalaman 50m. Direncanakan sloof dengan dimensi 50cm x 75cm.

**Kata Kunci : Sistem Rangka Bresiing Konsentris, SRPMK, SNI**



**MODIFICATION STRUCTURE AND CONSTRUCTION  
METHOD OF SWISS BELINN DARMO CENTRUM  
HOTEL USING CONCENTRICALLY BRACED FRAME  
(CBF) BASED ON SNI 1729: 2015**

**Name** : Suwarni  
**NRP** : 3113041099  
**Supervisor** : Ir. Sungkono, CES.

**ABSTRAK**

*Indonesia is one of the countries that have high earthquake potential so that earthquake resistant building is needed. In the steel structure there are several braced systems for planning earthquake resistant buildings, one of those are the Ordinary Centrically Braced Frame (OCBF). The Swiss Belinn Darma Centrum Surabaya Hotel was originally constructed using a reinforced concrete structure, which was then modified using a steel structure using the Ordinary Centrically Braced Frame (OCBF) and a Special Moment Resisting Frame System (SMF) in which the frame structure must be designed to behave strong column weak beams to ensure there is no plastic joints in the column that can cause the story mechanism.*

*Swiss Belinn Darma Centrum Surabaya Hotel has 1 basement floor, 16 floors and steel structure roof. The calculation of Ordinary Centrically Braced Frame (OCBF) refers to the Specification for Structural Steel Building according to SNI 03-1729-2015, Earthquake Resistance Planning Procedure for Building Structure SNI 03-1726-2012, Minimum Planning Expense SNI 03 -1727-2013. The earthquake dynamic effect with spectrum response method as structural analysis is calculated using SAP 2000v14.2.2 program to obtain optimal structure dimension.*

*The analytical result, the thickness of the roof bond plate is 9 cm, the thickness of the floor plate of the hotel room is 13 cm, the dimension of the transverse roof beam WF 300x150x6,5x9, WF 350x175x7x11 floor transverse beam, WF450x200x9x14 roof beam, roof beam lengthwise WF 350x175x7x11 , H 450x300x12x22 main cross beam, main extending beam H 450x300x12x22, for other types of beam structures can be seen in conclusion, composite columns of 700x300x13x24 Kingcross for middle columns of floors one through four, and composite columns of Kingcross 588x300x12x20 for floors five through sixteen and first floor through sixteen for the edge column. Planned foundation with dimensions of round piles 60 cm in diameter with a depth of 50m. Planned sloof with dimensions 50cm x 75cm.*

***Kata Kunci : Ordinary Concentrically Braced Frame, SMF, SNI***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas berkat dan rahmat-Nya dalam memberikan kesehatan dan kekuatan bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul “ **Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Swis Belinn Darmo Centrum Menggunakan Struktur Baja Sistem Bresing Konsentris Berdasarkan SNI 1729 : 2015**”. Tak lupa penulis mengucapkan Shalawat kepada Nabi Muhammad Shallallahu Allaihi wa Sallam.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Fokasi ITS. Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir Terapan ini adalah agar mahasiswa dapat mengaplikasikan secara langsung ilmu yang didapat selama bangku perkuliahan pada pekerjaan langsung di lapangan.

Terwujudnya laporan Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari peran, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan material serta selalu mendoakan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Machsus, S.T., M.T. selaku dosen wali dan Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Kuntjoro, M.T. selaku Kepala Program Studi Diploma 4 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
4. Bapak Ir. Sungkono, CES. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, kritik, dan bimbingan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

5. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan karyawan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
6. Rekan-rekan mahasiswa Diploma 4 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
7. Dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini tentunya jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik maupun saran yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir Terapan dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Januari 2018  
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>I</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>VII</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>XV</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XXI</b>

### **BAB I PENDAHULUAN .....1**

1.1	LATAR BELAKANG .....	1
1.2	RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3	TUJUAN .....	4
1.4	BATASAN MASALAH .....	4
1.5	MANFAAT .....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....5**

2.1	UMUM.....	5
2.2	KONSEP PERENCANAAN STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA .....	6
2.3	KONSEP DESAIN BRESING KONSENTRIS .....	7
2.4	ELEMEN STRUKTUR.....	9
2.4.1	Struktur Balok .....	9
2.4.2	Struktur Kolom.....	11
2.4.3	Tekuk Elastis Euler.....	11
2.4.3.1	Panjang Tekuk.....	12
2.4.3.2	Batas Kelangsingan Batang Tekan.....	13
2.4.3.3	Pengaruh Tegangan Sisa (Residual Stress).....	14
2.4.4	Struktur Pelat Lantai .....	16
2.4.4.1	Pelat Lantai dan Balok Baja Menjadi Komposit .....	17
2.4.4.2	Penghubung Geser (Shear Connector).....	17
2.4.4.3	Rusuk Dek Sejajar dengan Balok Baja .....	18
2.4.4.4	Rusuk Dek Tegak Lurus dengan Balok Baja .....	19
2.4.5	Struktur Tangga .....	20
2.4.5.1	Pelat Tangga Bentang Memanjang .....	21
2.4.5.2	Pelat Tangga Bentang Melintang .....	23
2.4.5.3	Sistem Struktur Tangga .....	23
2.4.5.4	Distribusi Beban pada Tangga.....	26
2.4.5.5	Analisa Struktur Tangga .....	27

2.4.6	Sambungan Struktur Baja .....	30
2.4.6.1	Sambungan Momen .....	30
2.4.6.2	Kelebihan Sambungan Baut .....	31
2.4.6.3	Jenis Sambungan Baut .....	32
2.4.6.4	Kelompok Baut Eksentris Dibebani Normal pada Permukaan Faying .....	34
2.4.7	Hubungan Antar Struktur Baja .....	34
2.5	PEMBEBANAN PADA BANGUNAN STRUKTUR BAJA BERDASARKAN SNI 1727:2013 .....	35
2.5.1	Beban Mati (D) .....	35
2.5.2	Beban Hidup (L) .....	36
2.5.3	Beban Hujan .....	36
2.5.4	Beban Angin .....	37
2.5.5	Beban Gempa .....	37
2.5.6	Kombinasi Pembebanan .....	37
2.6	BEBAN GEMPA PADA BANGUNAN GEDUNG BERDASARKAN SNI 1726:2012 .....	38
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>43</b>
3.1	DIAGRAM ALIR .....	43
3.2	METODOLOGI TUGAS AKHIR .....	44
3.2.1	Studi Literatur dan Pengumpulan Data .....	44
3.2.2	Data Bangunan .....	45
3.2.3	Peraturan yang Digunakan .....	46
3.2.4	Preliminary Desain .....	46
3.2.5	Analisa Pembebanan .....	47
3.2.6	Pemodelan Struktur .....	49
3.2.7	Analisa Gaya Dalam .....	50
3.2.8	Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer .....	50
3.2.9	Perencanaan Sambungan .....	55
3.2.10	Gambar Perencanaan .....	56
3.2.11	Metode Pelaksanaan Struktur Balok dan Kolom Baja .. .....	57
<b>BAB IV DESAIN STRUKTUR ATAP .....</b>		<b>59</b>
4.1	UMUM .....	59
4.2	DATA PERENCANAAN RANGKA ATAP .....	59
4.3	PERENCANAAN GORDING .....	60

4.3.1	Perhitungan Beban pada Gording .....	63
4.3.2	Perhitungan Momen Gording .....	65
4.3.3	Perhitungan Momen Berfaktor Gording .....	67
4.3.4	Perhitungan Struktur Gording .....	68
4.4	PERENCANAAN PENGGANTUNG GORDING .....	73
4.5	PERENCANAAN IKATAN ANGIN (TREKSTANG) .....	79
4.6	PERENCANAAN KUDA-KUDA .....	83
4.7	PERENCANAAN TIANG KUDA – KUDA (HY 500x300x16x25) .....	94
4.8	SAMBUNGAN KUDA – KUDA .....	103

## **BAB V DESAIN STRUKTUR SEKUNDER ..... 119**

5.1	PERENCANAAN PELAT LANTAI .....	119
5.1.1	PERENCANAAN PELAT LANTAI ATAP .....	120
5.1.2	STRUKTUR PELAT LANTAI ( KAMAR HOTEL ) .....	123
5.2	PERENCANAAN BALOK ANAK .....	126
5.2.1	BALOK ANAK ATAP WF 300X150X6,5X9 .....	126
5.2.2	BALOK ANAK WF 350X175X7X11 .....	145
5.3	DESAIN STRUKTUR TANGGA .....	163
5.3.1	PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT TANGGA TIPE 1, T = 4,0 M .....	168
5.3.2	PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT BORDES TIPE 1, T = 4,0 M .....	172
5.4	PERENCANAAN STRUKTUR LIFT .....	178
5.4.1	BALOK PENGGANTUNG LIFT .....	178

## **BAB VI PEMODELAN STRUKTUR ..... 192**

6.1	PENJELASAN UMUM .....	191
6.2	PEMODELAN STRUKTUR .....	192
6.2.1	INPUT DATA MATERIAL .....	193
6.2.2	INPUT DATA ELEMEN STRUKTUR .....	194
6.2.3	BESARAN MASSA .....	195
6.2.4	PEMODELAN STRUKTUR TIGA DIMENSI .....	196
6.2.5	PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA .....	201

6.2.6	ARAH PEMBEBANAN .....	215
6.2.7	ANALISIS MODAL .....	216
6.2.8	KOMBINASI PEMBEBANAN .....	217
6.2.9	KONTROL PENERIMAAN PEMODELAN STRUKTUR .....	219
6.3	KONTROL DESAIN UNTUK MODAL RESPON SPEKTRUM.... .....	223
6.3.1	KONTROL PARTISIPASI MASSA .....	224
6.3.2	KONTROL WAKTU GETAR ALAMI FUNDAMENTAL .....	225
6.3.3	KONTROL GAYA GESER DASAR GEMPA .....	230
6.3.4	KONTROL SIMPANGAN ANTAR LANTAI .....	230
6.3	PEMILIHAN SISTEM STRUKTUR.....	232

## **BAB VII DESAIN STRUKTUR PRIMER ..... 234**

7.1	PERENCANAAN BALOK MELINTANG (ARAH X) .....	234
7.1.1	BALOK INDUK HY 450X300X12X25 (ARAH X).....	238
7.1.2	BALOK INDUK HY 450X300X12X22 (ARAH X).....	256
7.2	PERENCANAAN BALOK MEMANJANG (ARAH Y).....	277
7.2.1	BALOK INDUK HY 500X300X16X32 (ARAH Y).....	277
7.2.2	BALOK INDUK HY 650X300X14X28 (ARAH Y).....	298
7.2.3	BALOK INDUK HY 650X300X16X32 (ARAH Y).....	317
7.2.4	BALOK INDUK HY 450X300X12X25 (ARAH Y).....	336
7.3	PERENCANAAN BRESING .....	355
7.3.1	BRESING X (WF 390X300X10X16) .....	357
7.3.2	BRESING X (WF 400X200X8X13) .....	361
7.3.3	BRESING Y (WF 400X300X8X13) .....	366
7.4	PERENCANAAN KOLOM KOMPOSIT.....	371
7.4.1	KOLOM KOMPOSIT K1 (KC 700X300X13X24).....	371
7.4.2	KOLOM KOMPOSIT K2 (KC 588X300X12X20).....	381

## **BAB VIII DESAIN SAMBUNGAN..... 393**

8.1	SAMBUNGAN BALOK-BALOK.....	234
8.1.1	SAMBUNGAN TIPE 1(WF 350X175X7X11-HY 450X300X12X25).....	391



8.1.2	SAMBUNGAN TIPE 2(WF 350X175X7X11-HY 450X300X12X22).....	395
8.1.3	SAMBUNGAN TIPE 3(WF 350X175X7X11-HY 650X300X16X32).....	399
8.1.4	SAMBUNGAN TIPE 4(WF 350X175X7X11-HY 500X300X16X32).....	403
8.1.5	SAMBUNGAN TIPE 5(HY 450X300X12X22- HY 450X300X12X22).....	407
8.1.6	SAMBUNGAN TIPE 6(HY 450X300X12X25- HY 450X300X12X22).....	411
8.1.7	SAMBUNGAN TIPE 7(HY 450X300X12X25- HY 450X300X12X25).....	416
8.2	SAMBUNGAN BALOK-KOLOM.....	420
8.2.1	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 450X300X12X25-KC 588X300X16X32).....	420
8.2.2	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 450X300X12X22-KC 588X300X16X32).....	430
8.2.3	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 650X300X16X32-KC 588X300X16X32).....	441
8.2.4	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 650X300X14X28-KC 588X300X16X32).....	452
8.2.5	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 500X300X16X32-KC 588X300X16X32).....	462
8.2.6	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 650X300X16X32-KC 700X300X13X24).....	473
8.2.7	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 500X300X16X32-KC 700X300X13X24).....	484
8.2.8	SAMBUNGAN BALOK KOLOM(HY 450X200X9X14-KC 588X300X16X32).....	494
8.3	SAMBUNGAN BRESING.....	505
8.3.1	SAMBUNGAN BRESING X.....	505
8.3.1.1	SAMBUNGAN BRESING WF 390X300X10X16 DENGAN BALOK .....	505
8.3.1.2	SAMBUNGAN BRESING WF 390X300X10X16 DENGAN KOLOM .....	514
8.3.1.3	SAMBUNGAN BRESING WF 400X300X8X13 DENGAN BALOK .....	523
8.3.1.4	SAMBUNGAN BRESING WF 400X300X8X13 DENGAN KOLOM .....	532

8.3.2	SAMBUNGAN BRESING Y.....	542
8.3.2.1	SAMBUNGAN BRESING WF 390X300X10X16 DENGAN BALOK .....	542
8.3.2.2	SAMBUNGAN BRESING WF 390X300X10X16 DENGAN KOLOM .....	551
8.3.2.3	SAMBUNGAN BRESING WF 400X300X8X13 DENGAN BALOK .....	560
8.3.2.4	SAMBUNGAN BRESING WF 400X300X8X13 DENGAN KOLOM .....	569
8.4	SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM.....	578
8.4.1	SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM 1 (KC 700X300X13X24) .....	578
8.4.2	SAMBUNGAN KOLOM-KOLOM 2 (KC 588X300X12X20) .....	584
8.5	SAMBUNGAN BASE PLATE.....	591
8.5.1	SAMBUNGAN BASE PLATE TIPE BP1 .....	591
8.5.2	SAMBUNGAN BASE PLATE TIPE BP2 .....	599
<b>BAB IX DESAIN STRUKTUR BAWAH .....</b>		<b>611</b>
9.1	UMUM.....	609
9.2	DATA TANAH .....	609
9.3	PERENCANAAN PONDASI TIPE 1 .....	609
9.3.1	DAYA DUKUNG TANAH TIANG PANCANG TUNGGAL PONDASI TIPE 1 .....	610
9.3.2	DAYA DUKUNG TANAH TIANG PANCANG KELOMPOK PONDASI TIPE 1 .....	614
9.3.3	PERHITUNGAN TEBAL PILE CAP AKIBAT BEBAN MAKSIMUM PONDASI TIPE 1 .....	616
9.3.4	PERHITUNGAN TEBAL PILE CAP AKIBAT TIANG PANCANG PONDASI TIPE 1 .....	621
9.3.5	CEK PERHITUNGAN GESER PONDASI AKIBAT BEBAN MAKSIMUM PONDASI TIPE 1 .....	624
9.3.6	CEK PERHITUNGAN GESER PONDASI AKIBAT TIANG PANCANG PONDASI TIPE 1 .....	627
9.3.7	PENULANGAN LENTUR PILE CAP PONDASI TIPE 1 ..	629
9.4	PERENCANAAN PONDASI TIPE 2 .....	633
9.4.1	DAYA DUKUNG TANAH TIANG PANCANG TUNGGAL PONDASI TIPE 2.....	634

9.4.2	DAYA DUKUNG TANAH TIANG PANCANG KELOMPOK PONDASI TIPE 2 .....	637
9.4.3	PERHITUNGAN TEBAL PILE CAP AKIBAT BEBAN MAKSIMUM PONDASI TIPE 2 .....	640
9.4.4	PERHITUNGAN TEBAL PILE CAP AKIBAT TIANG PANCANG PONDASI TIPE 2 .....	644
9.4.5	CEK PERHITUNGAN GESER PONDASI AKIBAT BEBAN MAKSIMUM PONDASI TIPE 2 .....	648
9.4.6	CEK PERHITUNGAN GESER PONDASI AKIBAT TIANG PANCANG PONDASI TIPE 2 .....	650
9.4.7	PENULANGAN LENTUR PILE CAP PONDASI TIPE 2 ..	652
9.5	PERENCANAAN SLOOF .....	656
9.6	KOLOM PEDESTAL .....	674
9.6.1	KOLOM PEDESTAL TIPE 1 (110/110 CM) .....	674
9.6.2	KOLOM PEDESTAL TIPE 2 (100/100 CM) .....	679

## **BAB X METODE PELAKSANAAN BALOK DAN KOLOM .... 689**

10.1	METODE PELAKSANAAN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM BAJA .....	687
10.1.1	LOKASI PEKERJAAN .....	688
10.1.2	PENGADAAN DAN PENANGANAN MATERIAL DI LAPANGAN .....	688
10.1.3	KONDISI LAPANGAN .....	689
10.1.4	SKEMA PENGADAAN MATERIAL DAN BAHAN .....	689
10.1.5	PROSEDUR KONSTRUKSI .....	690
10.1.6	PELAKSANAAN KONSTRUKSI ELEMEN BALOK DAN KOLOM .....	690

## **BAB XI KESIMPULAN ..... 703**

11.1	KESIMPULAN .....	701
11.2	SARAN .....	705

## **DAFTAR PUSTAKA ..... 709**

## **LAMPIRAN ..... 711**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Tampak 3D Modifikasi Struktur Hotel Swiss Belinn menggunakan sitem Bresing Konsentris, (b) Sistem BresingV terbalik pada Hotel Swiss Belinn .....	5
Gambar 2.2	Macam-macam Bresing.....	8
Gambar 2.3	Batang Bresing Menerima Gaya Gempa .....	8
Gambar 2.4	Baja Profil C, L, I, WF, T dan Canstellated Sumber : <a href="http://www.grdsteel.com">http://www.grdsteel.com</a> .....	9
Gambar 2.5	Perubahan Tegangan Lentur dengan Naiknya Besaran Momen pada Penampang Balok Lentur (sumber : Thamrin Nasution )	10
Gambar 2.6	Hubungan Kelangsingan Elemen Penampang Dengan kekuatan Lentur Nominal.....	11
Gambar 2.7	Kolom Tekuk Euler .....	12
Gambar 2.8	Garis Lentur Akibat Tekuk Berdasarkan Jenis Perletakan	12
Gambar 2.9	Nomogram Faktor Panjang Tekuk Kolom Portal	13
Gambar 2.10	Pola Tegangan Residu yang Umum pada Profil Giling.	15
Gambar 2.11	Potongan Balok Komposit Penuh .....	17
Gambar 2.12	Penempatan Penghubung Geser.....	18
Gambar 2.13	Rusuk Dek Sejajar dengan Balok Baja, Nilai Rg dan Rp	19
Gambar 2.14	Rusuk Dek Regak Lurus dengan Balok Baja, Nilai Rg	19
Gambar 2.15	Rusuk Dek Tegak Lurus dengan Balok Baja, Nilai Rp	20
Gambar 2.16	Balok di Dua Ujung Pendaratan ( <i>Landing</i> ).....	22
Gambar 2.17	Balok di Tiga Ujung Pendaratan ( <i>Landing</i> ).....	22
Gambar 2.18	Perletakan Tangga Dilihat dari Bentang Memanjang	24

Gambar 2.19	Pelat Pendukung diantara Dua Balok Stringer atau Dinding	25
Gambar 2.20	Pelat Kantilever dari Sebuah Balok Spandrel atau Dinding	25
Gambar 2.21	Pelat Kantilever Ganda dari Pusat Balok .....	25
Gambar 2.22	Pembebanan pada Tangga Terbuka .....	26
Gambar 2.23	Pembebanan Tangga yang Dibangun pada Dinding	27
Gambar 2.24	Beban dan Gaya-gaya yang Bekerja pada Tangga	28
Gambar 2.25	Visualisasi Bidang Momen dan Geser pada Struktur Tangga	29
Gambar 2.26	Kelompok Baut Eksentris Dibebani Normal ke Permukaan <i>Faying</i> .....	34
Gambar 2.27	Elemen Sambungan Struktur Baja .....	35
Gambar 2.28	Peta Gempa MCER Ss ( sumber : puskim.go.id )	40
Gambar 2.29	Peta Gempa MCER S1 ( sumber : puskim.go.id )	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	44
Gambar 4.1	Diagram Alir Perencanaan Gording.....	61
Gambar 4.2	Diagram Alir Perencanaan Penggantung Gording	73
Gambar 4.3	Denah Rencana Atap .....	74
Gambar 4.4	Detail A Rencana Atap .....	75
Gambar 4.5	Gaya dalam pada penggantung gording (Arah X)	76
Gambar 4.6	Diagram Alir Perencanaan Ikatan Angin (Trekstang)	79
Gambar 4.7	Luas Tangkapan Angin pada Dinding (yang diarsir)	80
Gambar 4.8	Diagram Alir Perencanaan Kuda-kuda dan Tiang Kuda-Kuda	84

Gambar 4.9	Rencana Kuda – Kuda .....	85
Gambar 4.10	Diagram Alir Perencanaan Sambungan Kuda- Kuda	104
Gambar 5.1	Diagram Alir Perencanaan Pelat Lantai .....	119
Gambar 5.2	Pelat Lnatai Bondek “Super Floor Deck” .....	120
Gambar 5.3	Rencana Pelat Atap.....	121
Gambar 5.4	Rencana Penulangan Pelat Atap .....	122
Gambar 5.5	Rencana Pelat Lantai Hotel .....	124
Gambar 5.6	Rencana Penulangan Pelat Lantai.....	125
Gambar 5.7	Lokasi Perencanaan Balok Anak Atap Elemen Frame 1362	126
Gambar 5.8	Gambar Output SAP Momen dan Geser Elemen Frame 1362	128
Gambar 5.9	Balok anak elemen frame 1196 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00 .....	145
Gambar 5.10	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Anak Elemen Frame 1196.....	147
Gambar 5.11	Gambar 5.6 Denah Penempatan Tangga Tipe 1 (ditandai dengan garis merah) .....	163
Gambar 5.12	Denah Tangga Tipe 1 pada Lantai Mezzani ..	166
Gambar 5.13	Sketsa Potongan A-A (Potongan Memanjang Tangga	166
Gambar 5.14	Rencana Penulangan Tangga Tipe 1 .....	177
Gambar 5.15	Potongan A-A Rencana Penulangan Tangga Tipe 1	177
Gambar 5.16	Spesifikasi Lift Hyundai Elevator.....	180
Gambar 5.17	Diagram Alir Perencanaan Balok Lift .....	181
Gambar 6.1	Denah Struktur Gedung .....	192
Gambar 6.2	Input Material Baja BJ 41 .....	193
Gambar 6.3	Input Material Beton Mutu Fc, 30 Mpa .....	194
Gambar 6.4	Frame Properties pada SAP 2000 .....	194
Gambar 6.5	Section Desain Kolom Komposit .....	195
Gambar 6.6	Input Mass Source .....	196

Gambar 6.7	As A-A dan as D-D .....	197
Gambar 6.8	As B-B.....	197
Gambar 6.9	As C-C.....	198
Gambar 6.10	As 1-1 .....	198
Gambar 6.11	As 2-2 dan 3-3 .....	199
Gambar 6.12	As 5-5 .....	200
Gambar 6.13	As 6-6.....	200
Gambar 6.14	Pemodelan 3D Struktur Gedung .....	201
Gambar 6.15	Beban-beban pada Load Pattern SAP 2000 ....	201
Gambar 6.16	Peta Untuk $S_1$ ( $T=1s$ , probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%)) .....	204
Gambar 6.17	Peta Untuk $S_s$ ( $T=0,2s$ , probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%)) .....	205
Gambar 6.18	. Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	211
Gambar 6.19	Grafik Respon Spektrum .....	213
Gambar 6.20	Grafik Respon Spektrum Website Puskim untuk Daerah Kota Surabaya.....	214
Gambar 6.21	Grafik Respon Spektrum dari Data Puskim ....	214
Gambar 6.22	Pembebanan Gempa Arah X .....	215
Gambar 6.23	Pembebanan Gempa Arah Y .....	216
Gambar 6.24	Analisis Modal SAP 2000 .....	217
Gambar 6.25	Beban Kombinasi Analisa Struktur SAP 2000	219
Gambar 6.26	Kolom Yang Ditinjau Elemen Frame 1090 ....	220
Gambar 6.27	Hasil Output Gaya Aksial pada Kolom Elemen Frame 1090	223
Gambar 6.28	Perioda Hasil Output SAP 2000 $T_c = 1,61$ .....	226
Gambar 6.29	Perbesaran Faktor Skala Gempa Arah X .....	228
Gambar 6.30	Perbesaran Faktor Skala Gempa Arah Y .....	229
No table of figures entries found.		
Gambar 7.1	Diagram Alir Perencanaan Balok Komposit...	238
Gambar 7.2	Balok induk elemen frame 612 yang berlokasi di lantai 9 elevasi + 32.50 .....	239
Gambar 7.3	Balok induk elemen frame 371 yang berlokasi di lantai 8 elevasi + 29.20.....	258



Gambar 7.4	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 371 .....	260
Gambar 7.5	Balok induk elemen frame 594 yang berlokasi di lantai 14 elevasi + 49.00.....	279
Gambar 7.6	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 594 .....	281
Gambar 7.7	Balok induk elemen frame 90 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00.....	298
Gambar 7.8	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 90 .....	300
Gambar 7.9	Balok induk elemen frame 1969 yang berlokasi di lantai 7 elevasi + 25.90.....	317
Gambar 7.10	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 1969 .....	319
Gambar 7.11	Balok induk elemen frame 94 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00.....	336
Gambar 7.12	Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 94 .....	339
Gambar 7.13	Diagram Alir Perencanaan Bresing .....	356
Gambar 7.14	Rencana Bresing Arah X WF 390x300x10x16 357	
Gambar 7.15	Rencana Bresing Arah X WF (WF 400x200x8x13) 362	
Gambar 7.16	Rencana Bresing Arah Y WF (WF 400x200x8x13) 366	
Gambar 7.17	Diagram Alir Perencanaan Kolom Komposit . 372	
Gambar 9.1	As 4-4 .....	199
Gambar 9.2	Rencana Pondasi Tipe 1, Pile Cap t = 1,2 m... 634	
Gambar 9.3	Rencana Pondasi Tipe 2, Pile Cap t = 1,3 m... 657	
Gambar 10.1	Skema Pengadaan Material dan Bahan Bangunan 692	
Gambar 10.2	Pelaksanaan Struktur Kolom di Lapangan..... 696	
Gambar 10.3	Proses Pkerjaan Sambungan Elemen Struktur 697	

Gambar 10.4 Ereksi Elemen Balok dan Kolom Baja ..... 699

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Tahanan Penetrasi Lapangan Rata-rata ( $\bar{N}$ )	39
Tabel 6.1	Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726-2012 Tabel 2)	204
Tabel 6.2	Analisa Hasil Data Tanah Borlog .....	205
Tabel 6.3	Klasifikasi Situs (SNI 03-1726-2012 Tabel 3)....	206
Tabel 6.4	Koefisien Situs $F_a$ (SNI 03-1726- 2012 Tabel 4)	207
Tabel 6.5	Koefisien Situs $F_v$ (SNI 03-1726- 2012 Tabel 5)	208
Tabel 6.6	Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup Lantai	221
Tabel 6.7	Perhitungan Beban Dinding .....	221
Tabel 6.8	Perhitungan Beban Mati Balok .....	222
Tabel 6.9	Perhitungan Beban Mati Kolom.....	222
Tabel 6.10	Rekapitulasi Beban Aksial.....	222
Tabel 6.11	Hasil Output Partisipasi Massa Rasio .....	224
Tabel 6.12	Simpangan Arah X .....	231
Tabel 6.13	Simpangan Arah Y .....	232



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Hotel Swiss Belinn Darmo merupakan gedung 15 lantai yang beralamat di Jl. Sinar Bintoro 21-25 Tegalsari, Surabaya. Hotel Swiss Belinn Darmo memakai Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen dan Sistem Shearwall dalam perencanaannya. Bangunan tersebut direncanakan harus mampu memikul beban gempa meskipun Surabaya bukanlah kota yang termasuk ke dalam wilayah gempa tinggi namun kemungkinan gempa dapat terjadi

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai ancaman gempa cukup tinggi. Oleh karena itu dalam merencanakan bangunan di daerah beresiko gempa, gaya gempa yang terjadi harus diperhitungkan dan digunakan dalam mendesain supaya struktur tetap memiliki kekakuan yang cukup untuk dapat berdiri (tidak runtuh) sehingga keselamatan pengguna bangunan dapat terjamin saat terjadi gempa. Perencanaan struktur ini dapat dilakukan dengan dua alternatif desain yaitu membuat sistem struktur yang berperilaku elastis saat memikul beban gempa dan sistem struktur yang bersifat inelastis saat terjadi gempa.

Pada struktur baja terdapat beberapa sistem rangka untuk merencanakan bangunan tahan gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK). Hotel Swis Belinn Darmo Centrum Surabaya awalnya dikonstruksikan menggunakan struktur beton bertulang, yang kemudian penulis modifikasi menggunakan struktur baja, Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dimana struktur rangka harus didesain berperilaku strong column weak beam untuk memastikan tidak terjadi sendi plastis di kolom yang dapat menyebabkan story mechanism (Dewobroto, Wiryanto. 2016).

Desain struktur yang berperilaku tetap elastis mempunyai keunggulan saat terjadi beban gempa tidak ada satupun bagian dari elemen struktur yang mengalami deformasi permanen, sehingga elemen struktur yang digunakan akan memerlukan penampang yang jauh lebih besar dan struktur akan menjadi tidak ekonomis. Sedangkan desain struktur yang berperilaku inelastis mempunyai keunggulan pada saat terjadi gempa terdapat bagian tertentu dari struktur tersebut yang mengalami plastifikasi akibat penyerapan energi gempa. Sistem struktur tersebut tentunya akan mengalami deformasi plastis pada bagian-bagian tertentu namun tetap memiliki kekakuan yang cukup untuk dapat bertahan. Oleh sebab itu perlu dilakukan perencanaan kapasitas untuk menjamin bahwa struktur mampu bertahan terhadap gempa yang cukup kuat untuk dapat bertahan terhadap gempa yang sangat kuat dengan melakukan perubahan bentuk secara daktail.

Konstruksi baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur lain yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, sifat dan kekuatannya cocok untuk memikul beban. Oleh karena itu baja banyak dipakai sebagai bahan struktur, misalnya untuk rangka utama bangunan bertingkat sebagai kolom dan balok, sistem penyangga atap dengan bentangan panjang seperti gedung olahraga, hanggar, menara antena dan jembatan.

Beberapa keunggulan baja sebagai bahan struktur dapat diuraikan sebagai berikut. Bentang struktur dari baja mempunyai ukuran tampang lebih kecil daripada batang struktur dari bahan lain, karena kekuatan baja jauh lebih tinggi daripada beton maupun kayu. Kekuatan yang tinggi ini terdistribusi secara merata. (The Kozai Club 1983) Kekuatan baja yang tinggi ini mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja lebih ringan daripada struktur dengan bahan lain. Dengan demikian kebutuhan fondasi juga jauh lebih kecil. Selain itu baja mempunyai sifat mudah dibentuk. Struktur dari baja dapat dibongkar untuk kemudian dipasang kembali, sehingga elemen struktur baja dapat dipakai berulang-ulang dalam berbagai bentuk. Kebanyakan struktur bangunan

dengan material baja menggunakan profil baja solid. Namun penggunaan struktur baja tahan gempa masih banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan tinggi di Indonesia. Oleh karena itu perlu dianalisis struktur baja tahan gempa pada berbagai wilayah di Indonesia.

SNI 03-1729-2002 mengklasifikasikan beberapa macam sistem struktur untuk bangunan baja tahan gempa, yang meliputi :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Sistem Rangka Pemikul Momen Terbatas (SRPMT)
- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
- Sistem Rangka Batang Pemikul Momen Khusus (SRBPMK)
- Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK)
- Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB)
- Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)

Pada tugas akhir ini digunakan tipe SRBKB karena memiliki salah satu keuntungan yang tidak dimiliki sistem yang lain, yaitu lebih mudah dalam hal perbaikan kerusakan struktur. Hal ini disebabkan karena pada SRBKK, elemen bresing yang direncanakan leleh terlebih dahulu sehingga lebih mudah diperbaiki daripada elemen link pada SRBE dan elemen balok pada SRPM. Dengan menggunakan konfigurasi bresing tipe V terbalik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- Bagaimana perhitungan struktur Hotel Swiss Belinn Darmo menggunakan struktur baja sistem rangka bresing konsentris khusus.
- Bagaimana metode pelaksanaan elemen struktur balok dan kolom pada Hotel Swiss Bellin Darmo menggunakan struktur baja sistem rangka bresing konsentris khusus.

### **1.3 Tujuan**

- Mampu menghitung struktur Hotel Swiss Belinn Darmo menggunakan struktur baja sistem rangka bresing konsentris.
- Mampu merencanakan metode pelaksanaan elemen struktur balok dan kolom pada Hotel Swiss Bellin Darmo menggunakan struktur baja sistem rangka bresing konsentris.

### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

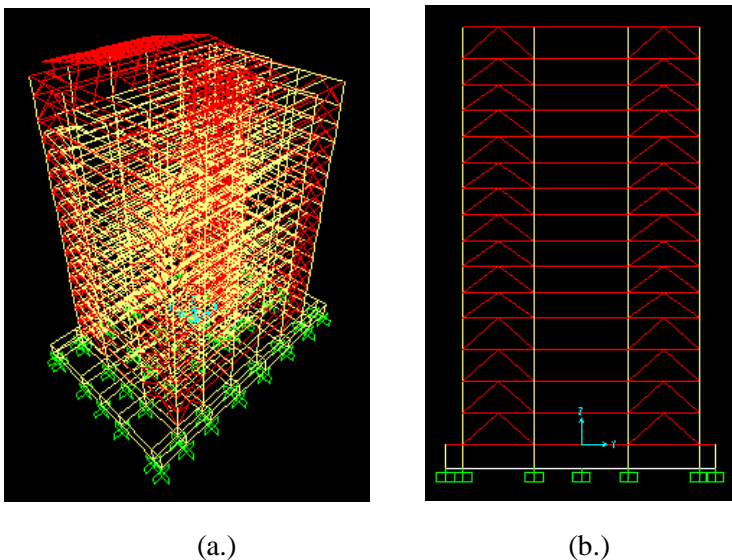
- Beban gempa menggunakan respon spektrum dengan Kategori Desain Seismik (KDS) D.
- Membahas metode pelaksanaan elemen struktur balok dan kolom.
- Perencanaan gedung ini tidak mempertimbangkan aspek ekonomi gedung, arsitektural gedung dan aspek Mekanikal Elektrikal Plumbing (MEP).

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa didapatkan dari perancangan ini adalah secara khusus untuk menerapkan ilmu teknik sipil yang telah didapat penulis selama menjalani pendidikan di jurusan DIV Teknik Sipil FTSP ITS, selain itu untuk melatih kemampuan dalam merencanakan struktur bangunan sebagai bekal untuk menghadapi. Manfaat secara umum sebagai referensi bacaan tentang struktur baja.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



**Gambar 2.1    (a) Tampak 3D Modifikasi Struktur Hotel Swiss Belinn menggunakan sitem Bresing Konsentris, (b) Sistem BresingV terbalik pada Hotel Swiss Belinn**

Hotel Swiss Belinn Darmo merupakan gedung 15 lantai yang beralamat di Jl. Sinar Bintoro 21-25 Tegalsari, Surabaya. Hotel Swiss Belinn Darmo memakai Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen dan Sistem Shearwall dalam perencnaannya. Bangunan tersebut penulis modifikasi menggunakan struktur baja sistem bresing konsentris khusus.

### 2.1 Umum

Indonesia merupakan daerah gempa aktif oleh karena itu bangunan harus didesain mampu menahan gempa yang akan terjadi

di suatu daerah tertentu. Dalam memilih sistem struktur yang yang tepat, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan misalnya tinggi bangunan, arsitektural dan fungsi bangunan. Dengan mendesain suatu bangunan yang sesuai dengan berbagai ketentuan yang ada di SNI diharapkan struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa. Di dalam SNI 1726-2012 dijelaskan mengenai ketentuan-ketentuan pengelompokan gedung beraturan dan tidak beraturan, daktilitas struktur, pembebanan gempa nominal, wilayah gempa Indonesia beserta respons spektrum gempa untuk masing-masing wilayah, kinerja struktur gedung dan lain-lain.

## **2.2 Konsep Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa**

Struktur suatu bangunan bertingkat tinggi harus dapat memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, diantaranya beban gravitasional dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan 3 kriteria standard sebagai berikut :

- Gempa ringan : Bangunan tidak boleh rusak secara struktural maupun arsitektural (komponen arsitektural diperbolehkan terjadi kerusakan seminimal mungkin)
- Gempa sedang : Komponen struktural (balok dan kolom) tidak diperbolehkan rusak sama sekali tetapi komponen arsitektural boleh terjadi kerusakan (seperti komponen kaca)
- Gempa berat : Boleh terjadi kerusakan pada komponen struktural tetapi tidak menyebabkan keruntuhan bangunan.

Perencanaan struktur dapat dilakukan dengan mengetahui skenario keruntuhan dari struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Pelaksanaan konsep desain kapasitas struktur adalah memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan struktur berdasarkan beban maksimum yang bekerja dalam

struktur. Sehingga bangunan direncanakan dengan elemen-elemen struktur yang tidak dibuat sama kuat terhadap gaya yang direncanakan, tetapi ada elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan elemen yang lain dengan harapan di elemen atau titik itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban maksimum bekerja.

### 2.3 Konsep Design Bresing Konsentris

Pada struktur gedung tinggi kekakuan merupakan syarat penting untuk diperhatikan, karena kekakuan dapat menahan beban lateral yang terjadi. Adanya aksi gaya beban lateral pada portal (frame) dapat menimbulkan momen lentur, momen puntir, gaya geser dan gaya aksial pada semua elemen struktur. Sehingga gaya-gaya tersebut menyebabkan perlemahan pada struktur tersebut. Dan untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan rangka pengaku bresing.

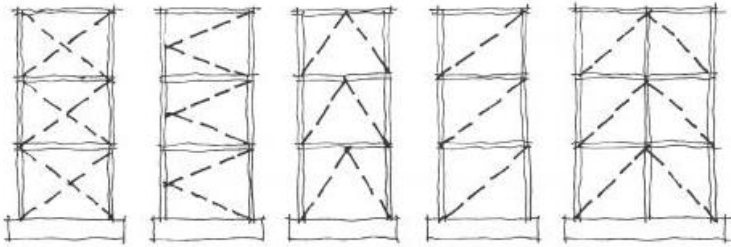
Sistem Rangka Bresing Konsentris merupakan pengembangan dari sistem portal tidak berpengaku atau lebih dikenal dengan Moment Resisting Frames (MRF). Sistem Rangka Bresing Konsentris dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Sistem rangka bresing konsentris terjadi leleh pada bagian pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.

Pengembangan daktilitas dilakukan melalui aksi yang terjadi pada bresing dengan cara :

1. Bresing leleh pada bagian yang tertarik
2. Bresing mengalami tekuk pada bagian yang tertekan.

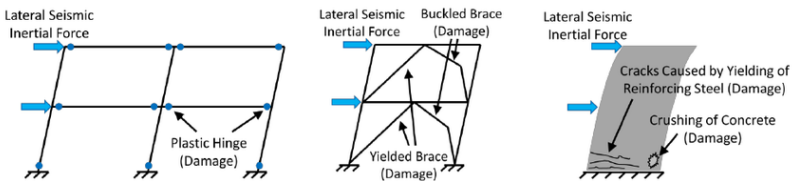
*Charles G. Salmon dan John E. Johnson* menyatakan bahwa pada dasarnya kerangka berpenopang lebih tepat didefinisikan sebagai kerangka dimana tekuk goyangan (*sideway buckling*) dicegah oleh elemen-elemen topangan

struktur tersebut dan bukan oleh kerangka struktural itu sendiri.



**Gambar 2.2 Macam-macam Bresing**

Konsep bresing dalam menerima gaya gempa dapat dilihat pada gambar berikut ini.

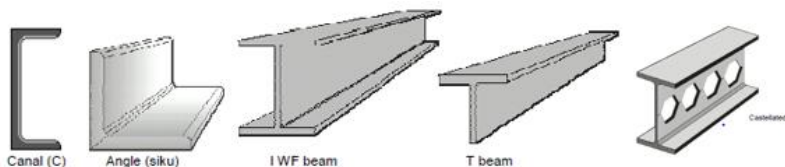


**Gambar 2.3 Batang Bresing Menerima Gaya Gempa**

## 2.4 Elemen Struktur pada Perhitungan Struktur Hotel Swiss Belinn Darmo Menggunakan Struktur Baja Metode SRBKK ( Berdasarkan SNI 03-1729-2015 dan AISC 360-10 ).

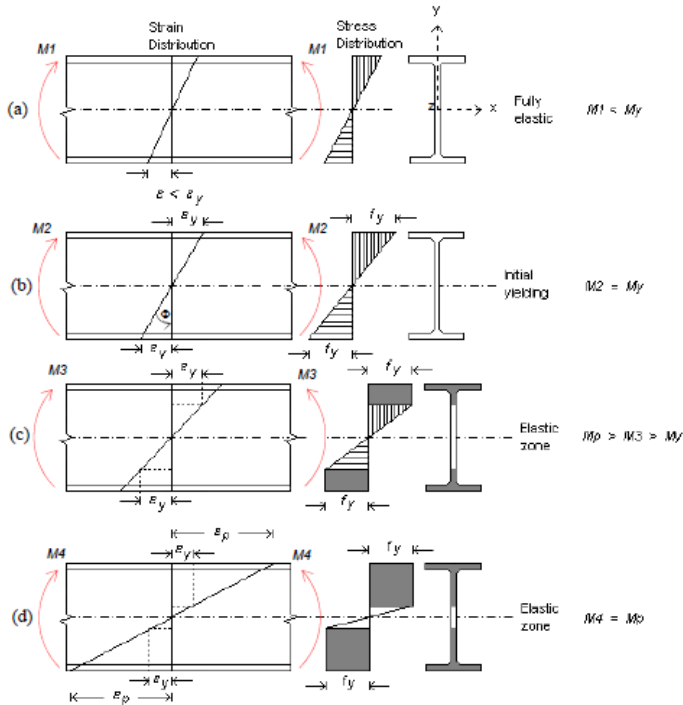
### 2.4.1 Struktur Balok

Struktur balok baja dapat direncanakan menggunakan profil canal (C), profil Siku (L), profil I, profil WF, profil T dan dapat pula menggunakan canstellated beam. Beberapa jenis profil tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 2.4 Baja Profil C, L, I, WF, T dan Canstellated**  
**Sumber : <http://www.grdsteel.com>**

Suatu penampang baja I dipakai sebagai balok, direncanakan untuk menahan beban lentur arah sumbu kuat penampang yaitu sumbu x. Gambar berikut ini memperlihatkan balok I yang mengalami lentur terhadap sumbu penampang x. Rotasi ( $\Phi$ ) terjadi sepanjang sumbu batang z. Penampang dalam bidang x-y dianggap tetap setelah terjadi rotasi akibat lentur.

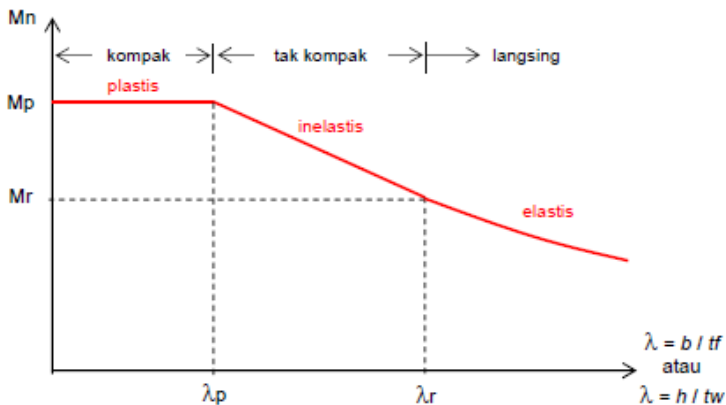


**Gambar 2.5 Perubahan Tegangan Lentur dengan Naiknya Besaran Momen pada Penampang Balok Lentur**  
(sumber : Thamrin Nasution )

Gambar (a), (b), (c), dan (d) adalah gambar diagram tegangan pada penampang yang momennya ditingkatkan secara perlahan-lahan. Pada kondisi (a) momen masih kecil sehingga tegangannya masih elastis. Kemudian mencapai momen leleh  $M_y$  pada kondisi (b), ketika itu tegangan serat atas atau serat bawah mencapai leleh. Selanjutnya ketika momen ditingkatkan lagi, tegangan leleh merambat ke bagian dalam dari penampang seperti Gambar (c). Momen mencapai momen plastis  $M_p$  ketika tegangan terjadi pada seluruh penampang diperlihatkan pada Gambar (d). Apabila

seluruh penampang sudah leleh atau mencapai keadaan plastis maka akan terjadi keruntuhan global, keruntuhan seperti inilah yang ideal bagi balok karena memberikan kuat lentur yang paling besar. Pada keruntuhan ini tidak terjadi tekuk lokal (web atau flens) pada komponen-komponen penampang atau tekuk torsi lateral pada balok..

Jika balok menerima momen maka bagian pelat sayap atas serta sebagian badan dari balok akan menerima tekan. Komponen yang menerima tekan tersebut di atas dapat mengalami tekuk lokal jika kelangsingan ( $\lambda$ ) elemen penamangnya atau ratio antara lebar terhadap tebalnya melebihi batas ratio  $\lambda_p$ .



**Gambar 2.6 Hubungan Kelangsingan Elemen Penampang Dengan kekuatan Lentur Nominal**

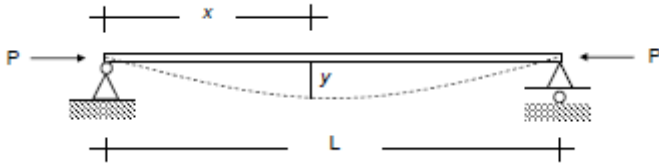
## 2.4.2 Struktur Kolom

Pada struktur portal, kolom merupakan elemen utama yang memikul gaya tekan tetapi masih mengandung gaya dalam momen dan gaya lintang.

## 2.4.3 Tekuk Elastis Euler

Pada tekuk elastis, komponen struktur yang dibebani gaya tekan, masih dalam keadaan elastis akan melengkung secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan pada gambar . Gaya yang

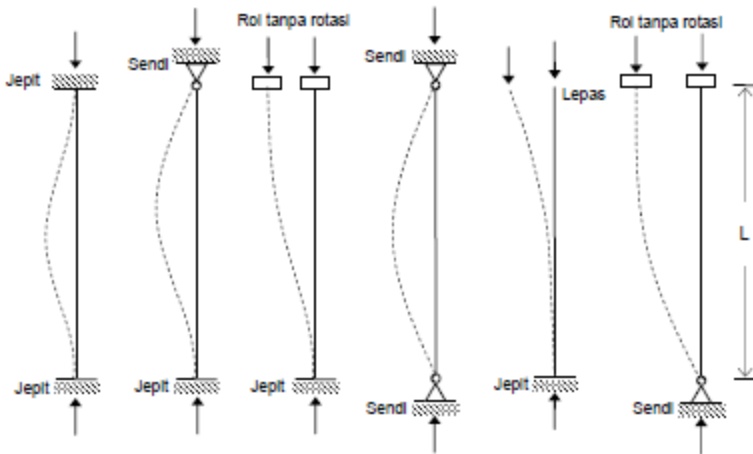
bekerja sentris pada batang menyebabkan batang tersebut melentur sejauh  $y$ , sehingga terjadi momen lentur tambahan sekunder.



**Gambar 2.7 Kolom Tekuk Euler**

### 2.4.3.1 Panjang Tekuk

Panjang tekuk ( $L_k$ ) batang tekan sangat tergantung kepada jeis perletakannya, seperti kolom dengan tumpuan jepit dapat mengekang ujungnya dari berotasi dan translasi, sehingga mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan tumpuan sendi.



**Gambar 2.8 Garis Lentur Akibat Tekuk Berdasarkan Jenis Perletakan**

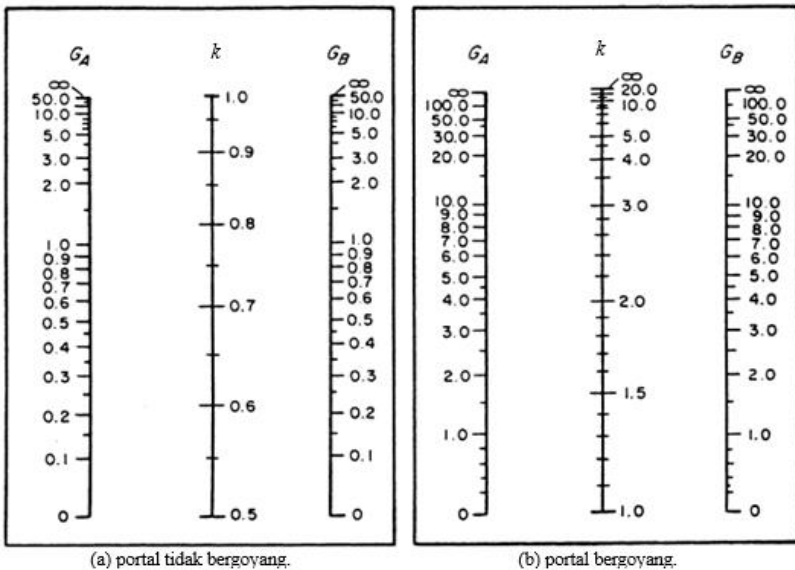
Apabila  $L_k = k \cdot L$ , dimana  $k$  faktor panjang tekuk, maka nilai  $k$  dapat dilihat pada tabel berikut ini.



	Jepit-jepit	Jepit-sendi	Jepit-rol tanpa rotasi	Sendi-sendi	Jepit-lepas	Sendi-rol tanpa rotasi
$k$ teoritis	0,50	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	1,00	1,00	2,00	2,00
$k$ desain	0,65	0,80	1,20	1,00	2,10	2,00

Sumber : SNI 03-1729-2002

Faktor panjang tekuk ( $k$ ) dihitung dengan memasukkan nilai  $G$  kedua ujung-ujungnya pada nomogram gambar . Dari kedua titik nilai  $G$  tersebut ditari garis yang memotong garis skala  $k$ . Titik potong ini menunjukkan nilai  $k$  dari kolom tersebut. Perlu diperhatikan bahwa ada dua nomogram, yaitu untuk struktur tak bergoyang dan untuk struktur bergoyang. Struktur tak bergoyang artinya jika ujung-ujung dari kolom yang ditinjau tidak dapat berpindah ke arah lateral.



**Gambar 2.9 Nomogram Faktor Panjang Tekuk Kolom Portal**

#### 2.4.3.2 Batas Kelangsingan Batang Tekan

Untuk batang-batang yang direncanakan terhadap tekan, angka perbandingan kelangsingan adalah sebagai berikut :

$$\lambda = Lk / r < 200$$

Dimana :

Lk = Panjang tekuk = k. L

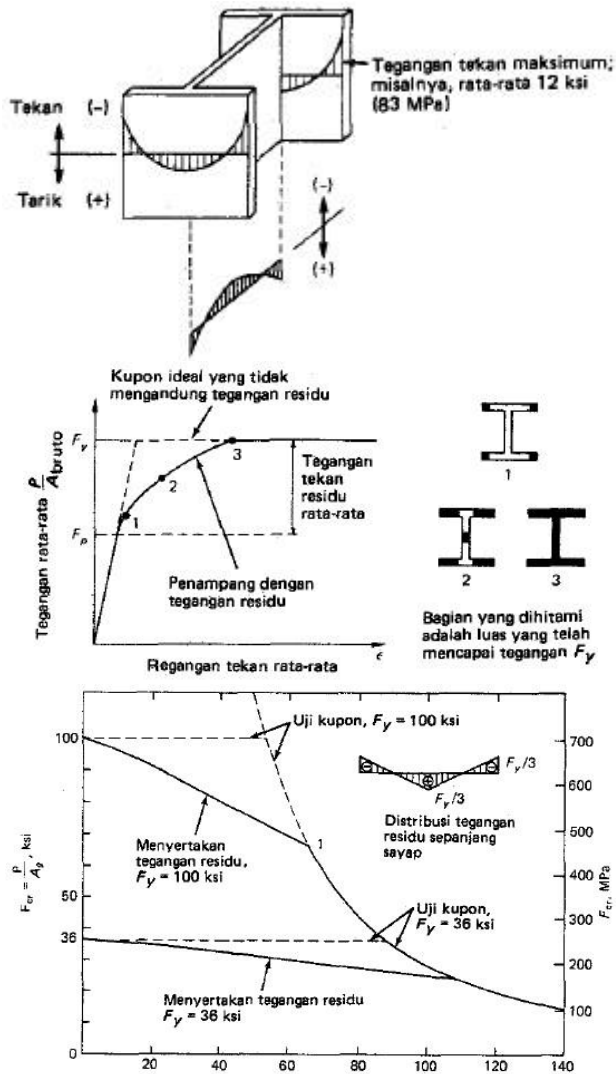
R = jari-jari inertia

### **2.4.3.3 Pengaruh Tegangan Sisa (Residual Stress)**

Tegangan sisa (Residual Stress) adalah tegangan yang tertinggal dalam suatu komponen struktur baja, pada proses pembuatannya maupun dalam pemakaiannya. Yang dapat diakibatkan oleh antara lain :

- a. Proses pendinginan yang tidak merata setelah profil struktural dibentk dengan penggilingan panas.
- b. Lenturan atau lendutan dingin selama fabrikasi.
- c. Proses pelobangan dan pemotongan selama pabrikasi.
- d. Proses pengelasan.

Pada penampang profil sayap lebar (wide flange) atau profil H yang digiling panas, sayap yang merupakan bagian yang lebih tebal mendingin lebih lambat daripada daerah pertemuan sayap dan badan, ini berakibat ujung-ujung sayap dan tengah-tengah badan mengalami tegangan residu tekan. Sedangkan pada daerah pertemuan sayap dan badan mengalami tegangan residu tarik. Distribusi tegangan residu dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.10 Pola Tegangan Residu yang Umum pada Profil Giling.

#### **2.4.4 Struktur Pelat Lantai**

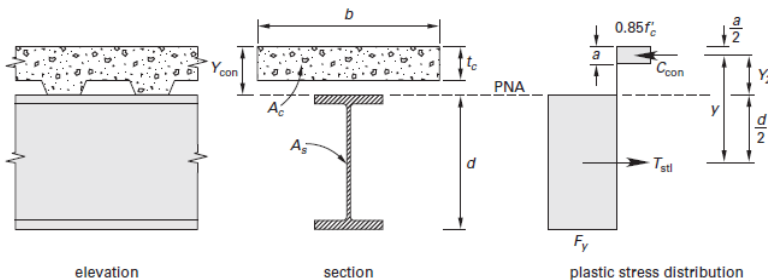
Elemen pelat lantai Hotel Swiss Belinn pada mulanya direncanakan menggunakan pelat beton bertulang konvensional, penulis merencanakan ulang elemen pelat lantai tersebut menggunakan material komposit beton bertulang dan pelat boundex atau steel deck panels yang berfungsi baik sebagai cetakan maupun sebagai tulangan bagi beton yang terletak di atasnya, pemasangan pelat komposit tersebut menggunakan konsep pelat satu arah sehingga struktur balok pada bangunan Hotel Swiss Belinn dimodifikasi dengan menambahkan elemen balok anak untuk memenuhi konsep satu arah tersebut. elemen tersebut telah banyak digunakan pada bangunan-bangunan yang rangka utamanya terdiri struktur baja atau struktur komposit. Pelat-pelat komposit seperti ini mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Lantai baja atau lembaran baja yang dapat dengan mudah dapat diletakkan di atas gelagar-gelagar baja langsung dapat berfungsi sebagai suatu landasan kerja untuk menunjang beban-beban konstruksi dan sebagai cetakan untuk beton. Dengan demikian kebutuhan akan cetakan sementara dapat dihilangkan sehingga dapat menghemat biaya dan waktu pengerjaan konstruksi.
2. Lantai baja yang dibentuk dengan baik dan dapat dipastikan terjadinya suatu ikatan yang kuat dengan beton, dapat berfungsi tetap sebagai tulangan utama dari pelat.
3. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pelat yang diberi tulangan lantai baja atau direncanakan menggunakan steel deck panels dapat dibuat berperilaku secara komposit dengan penumpu girder dan gelagar lantai baja sama seperti perilaku dari pelat beton penuh.

### 2.4.4.1 Pelat Lantai dan Balok Baja Menjadi Komposit

Balok komposit yang ditunjukkan pada Gambar terdiri dari beton yang didukung oleh dek logam terbentuk, dengan slab bertindak secara komposit dengan balok baja. sesuai dengan AISC 360 Sec I3.1, lebar efektif pelat beton di kedua sisi garis tengah balok tidak melebihi.

- 1/8 panjang balok
- 1 1/2 dari jarak antar balok
- Jarak ke tepi pelat



**Gambar 2.11 Potongan Balok Komposit Penuh**

Untuk balok komposit yang ditunjukkan pada Gambar , pada beban ultimate ketebalan blok tegangan beton adalah kurang dari ketebalan pelat. Untuk situasi ini, sumbu netral plastik terletak di bagian atas balok baja dan  $Y_1 = 0$  dan  $Y_2 = Y_{con} - a/2$  .

ketika konektor geser yang cukup disediakan untuk memastikan tindakan komposit penuh, kedalaman blok tegangan diberikan oleh  $a = \frac{F_y \cdot A_s}{0.85 f'_c b}$  .

### 2.4.4.2 Penghubung Geser (Shear Connector)

Konektor geser disediakan untuk mentransfer gaya geser horizontal di bagian antarmuka. Yang kekuatan nominal geser  $Q_n$

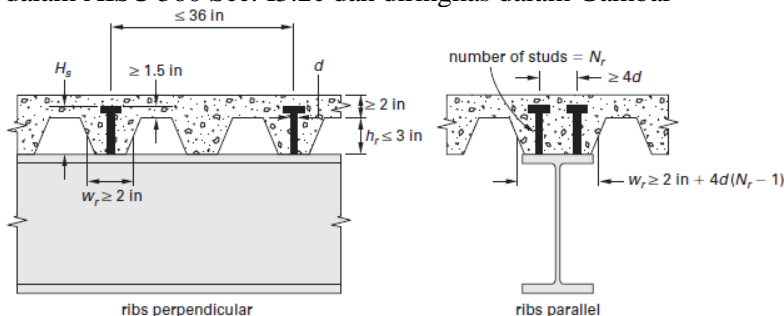
dari berbagai jenis konektor geser diberikan dalam AISC Pedoman Tabel 3-21. Jumlah yang diperlukan konektor dapat merata antara titik momen maksimum dan dukungan di kedua sisi, dengan total geser horisontal yang ditentukan oleh nilai yang lebih rendah yang diberikan oleh AISC 360 Persamaan. I3-1a dan Persamaan. I3-1b sebagai berikut :

$$V' = 0,85 f'_c A_c \quad [\text{AISC I3-1a}]$$

$$V' = 0,85 f'_c A_c \quad [\text{AISC I3-1a}]$$

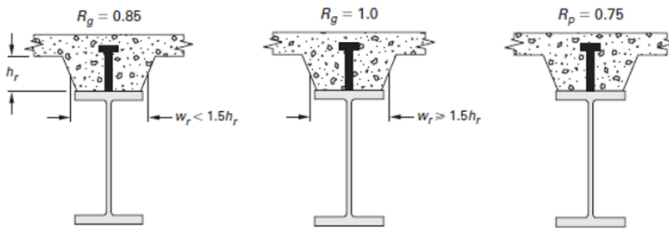
Untuk menyediakan koneksi geser lengkap dan aksi komposit penuh, jumlah yang diperlukan konektor di kedua sisi titik momen maksimum diberikan oleh  $n = \frac{V'}{Q_n}$ , jika sebagian kecil konektor hanya menyediakan aksi komposit parsial yang dapat dicapai, dan kekuatan lentur nominal dari elemen komposit dikurangi. Jumlah penghubung geser ditempatkan di antara beban terkonsentrasi dan pendukung terdekat akan cukup untuk mengembangkan saat diperlukan pada titik beban.

Ketika beton cor terbentuk di dek logam, batasan yang ditetapkan pada jarak dan penempatan konektor geser diberikan dalam AISC 360 Sec. I3.2c dan diringkas dalam Gambar



**Gambar 2.12 Penempatan Penghubung Geser**  
**2.4.4.3 Rusuk Dek Sejajar dengan Balok Baja**

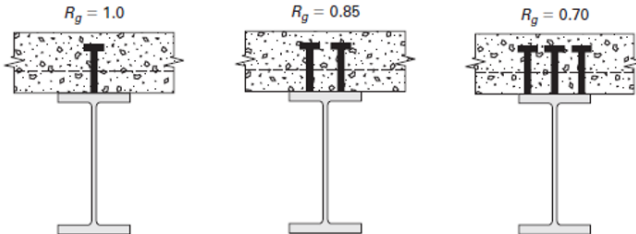
Ketika rusuk dek sejajar dengan balok baja seperti yang ditunjukkan pada Gambar, koefisien kelompok stud untuk beberapa stud yang dilas berturut-turut melalui dek baja diberikan oleh rumus  $R_g = 1,0$  ( ketika  $\omega_r \geq 1,5 h_r$  ) dan  $R_g = 0,85$  ( ketika  $\omega_r < 1,5 h_r$  ). Ketika rusuk dek sejajar dengan balok baja seperti yang ditunjukkan Gambar, koefisien posisi stud untuk sejumlah stud yang dilas melalui dek baja diberikan rumus  $R_p = 0,75$  .



**Gambar 2.13 Rusuk Dek Sejajar dengan Balok Baja, Nilai  $R_g$  dan  $R_p$**

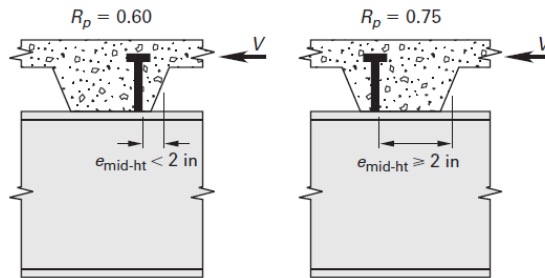
#### 2.4.4.4 Rusuk Dek Tegak Lurus dengan Balok Baja

Ketika rusuk dek tegak lurus dengan balok baja seperti yang ditunjukkan pada Gambar, koefisien kelompok stud untuk beberapa stud yang dilas melalui dek baja diberikan oleh rumus  $R_g = 1,0$  ( untuk satu stud yang di las pada rusuk dek baja ),  $R_g = 0,85$  ( untuk dua stud yang di las pada rusuk dek baja ) dan  $R_g = 0,70$  ( untuk tiga atau lebih jumlah stud yang di las pada rusuk dek baja ).



**Gambar 2.14 Rusuk Dek Tegak Lurus dengan Balok Baja, Nilai  $R_g$**

Rusuk dek yang tegak lurus seperti yang ditunjukkan pada Gambar , koefisien posisi stud untuk sejumlah stud yang dilas melalui dek baja diberikan rumus  $R_p = 0,75$  ( untuk sejumlah stud yang dilas pada rusuk dek baja dengan  $e_{mid-ht} \geq 2$  inch ) dan  $R_p = 0,60$  ( untuk sejumlah stud yang dilas pada rusuk dek baja dengan  $e_{mid-ht} < 2$  inch ).



**Gambar 2.15 Rusuk Dek Tegak Lurus dengan Balok Baja, Nilai  $R_p$**

### 2.4.5 Struktur Tangga

Struktur tangga pada Hotel Swiss Belinn pada mulanya direncanakan dan telah dikonstruksikan menggunakan beton bertulang, penulis tetap mempertahankan material tersebut dalam perhitungan strktur dengan alasan keamanan apabila terjadi kebakaran karena material baja dinilai kurang tahan terhadap api selain itu tangga merupakan salah satu akses evakuasi yang penting apabila terjadi kebakaran pada bangunan bertingkat tinggi.

berikut ini adalah beberapa pedoman umum untuk mempertimbangkan merencanakan tangga (Kharagpur, 2015) :

- Dimensi masing-masing tapak dan tanjakan untuk semua langkah paralel harus sama di setiap lantai bangunan.
- Ruang kepala bebas di atas setiap langkah sebaiknya 2 m.
- Lebar minimum tangga harus 0,85 m, meskipun diinginkan untuk memiliki lebar antara 1,1 m sampai 1,6 m. Di gedung publik lebar tangga yang besar harus disediakan.



Struktural tangga sebagian besar dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, tergantung pada arah dominan di mana komponen pelat tangga mengalami lentur yaitu pelat tangga bentang memanjang dan pelat tangga bentang melintang (Departemen of Civil Engineering).

#### **2.4.5.1 Pelat Tangga Bentang Memanjang**

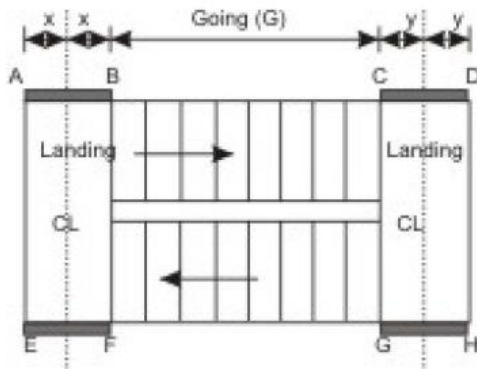
Dalam hal ini, dukungan untuk slab tangga yang menyediakan sejajar dengan tanjakan dua atau lebih lokasi, menyebabkan pelat menekuk longitudinal diantara pendukung. Dapat dicatat bahwa bengkokan membujur dapat terjadi dalam konfigurasi selain konfigurasi tangga lurus, seperti kuartal-turn tangga, tangga berkaki, tangga terbuka dan tangga helicoidal. Susunan pelat mungkin disusun dengan baik menjadi jenis “waist slab” konvensional atau jenis tapak-tanjakan. Ketebalan slab tergantung pada rentang yang efektif, yang harus diambil sebagai jarak pusat-ke-pusat antara balok atau dinding pendukung. Dalam situasi tertentu, balok atau dinding dukungan mungkin tidak tersedia sejajar dengan anak tangga di pendaratan. Sebaliknya, tanjakan ini didukung antara pendaratan, yang dijangkau melintang, sejajar dengan anak tangga. Dalam hal demikian, menetapkan bahwa rentang effective untuk tanjakan (mencakup longitudinal) harus diambil sebagai turunan tangga ditambah di setiap akhir baik setengah lebar pendaratan atau satu meter, mana yang lebih kecil (*Departement of Cicil Engginering*).

Di sini, Satu lagi dukungan disediakan sejajar dengan anak tangga untuk pelat lentur longitudinal. Gambar 2.13b sampai f menunjukkan pengaturan dukungan yang berbeda dari tangga yang ditunjukkan berdasarkan Gambar 2.13a, sebagai berikut :

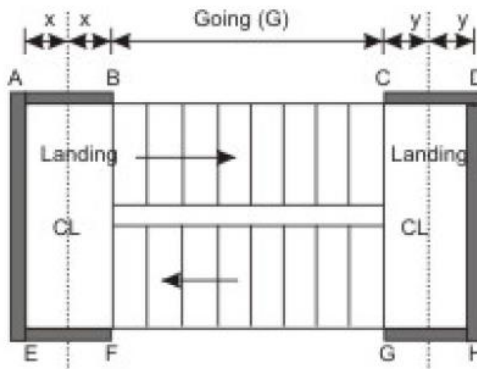
- Pendukung pada bagian tepi AE dan DH (Gambar 2.13b)
- Dijepit di sepanjang tepi AE dan DH (Gambar 2.13c)
- Pendukung pada bagian tepi BF dan CG (Gambar 2.13d)
- Pendukung pada bagian tepi AE, CG (atau BF) dan DH (Gambar 2.13e)

- Pendukung pada tepi AE, BF, CG dan DH (Gambar 2.13f)

Pendaratan kantilever dan pendukung menengah ( Gambar 2.13d, e dan f ) yang bermanfaat untuk menimbulkan momen negatif di dekat pendukung yang dapat mengurangi momen positif dan dengan demikian ketebalan pelat menjadi ekonomis.



**Gambar 2.16 Balok di Dua Ujung Pendaratan (*Landing*)**



**Gambar 2.17 Balok di Tiga Ujung Pendaratan (*Landing*)**

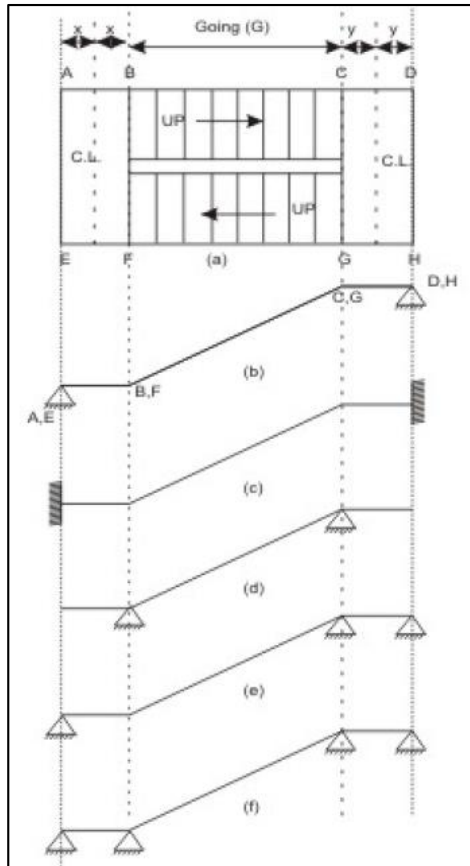
Gambar 2.14 dan Gambar 2.15 merupakan tangga (bentang memanjang) dan pendaratan (bentang melintang).

Dalam kasus dua tanjakan tangga, kadang-kadang tanjakan ini didukung diantara pendaratan bentang melintang (Gambar 2.14 Dan Gambar 2.15). Perlu disebutkan bahwa beberapa sistem struktur yang disebutkan di atas adalah statis tertentu sementara yang lain statis tak tentu di mana kondisi deformasi harus diperhitungkan untuk analisis itu. Bentang memanjang pada pelat tangga juga mungkin dapat digunakan konfigurasi lainnya termasuk tanjakan tunggal, helicoidal terbuka dan tangga berdiri bebas.

#### **2.4.5.2 Pelat Tangga Bentang Melintang**

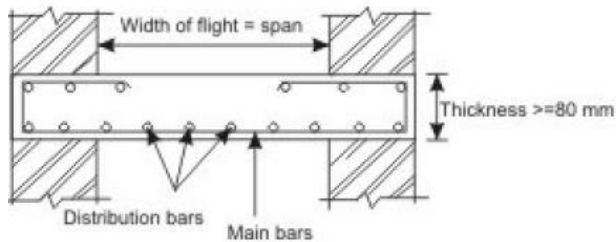
Komponen lempengan tangga (apakah yang terdiri dari pelat yang terisolasi tapak, unit tapak-tanjakan atau pelat pinggang) didukung pada sisi-sisinya atau ditopang secara lateral dari dukungan pusat. slab mendukung beban gravitasi dengan meminjamkan dasarnya dalam bidang vertikal tranverse, dengan rentang sepanjang lebar tangga. Dalam kasus slab kantilever, akan ekonomis untuk menyediakan tapak terisolasi (tanpa anak tangga). Namun, jenis pengaturan tapak-tanjakan dan jenis pinggang slab juga kadang-kadang digunakan dalam praktek, sebagai kantilever. Balok spandrel dikenakan torsi (equilibrium torsi), selain untuk lentur dan geser. Ketika lempengan didukung pada dua sisi dengan cara “balok string” atau dinding pasangan bata, mungkin dirancang sebagai pendukung sederhana, namun penguatan di atas harus disediakan di dekat pendukung untuk menahan momen negatif yang mungkin terjadi (*Departement of Civil Enggining*).

#### **2.4.5.3 Sistem Struktur Tangga**

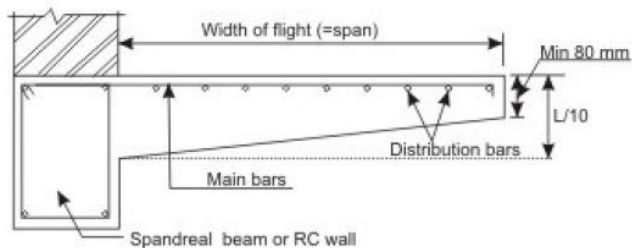


**Gambar 2.18 Perletakan Tangga Dilihat dari Bentang Memanjang**

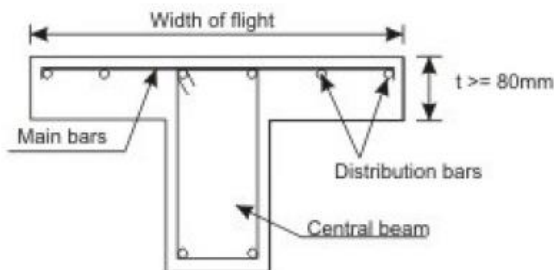
Sistem struktur memiliki jenis yang berbeda-beda tergantung pada jenis perletakkannya, yang ditunjukkan pada Gambar 2.15, tergantung pada arah bentang. Komponen pelat tangga juga meliputi baik dalam arah memanjang (longitudinal) atau arah langkah yaitu melintang (transversal).



**Gambar 2.19 Pelat Pendukung diantara Dua Balok Stringer atau Dinding**



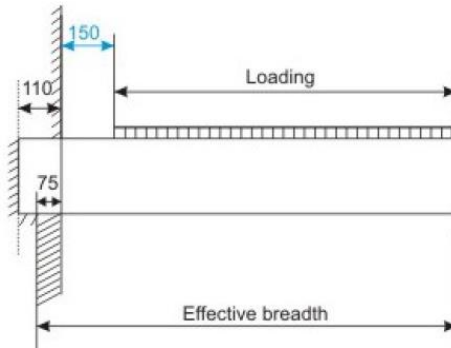
**Gambar 2.20 Pelat Kantilever dari Sebuah Balok Spandreal atau Dinding**



**Gambar 2.21 Pelat Kantilever Ganda dari Pusat Balok**

Gambar 2.16, 2.17 dan 2.18 merupakan Tangga bentang melintang. Disini, entah pelat pinggang atau komponen lempengang





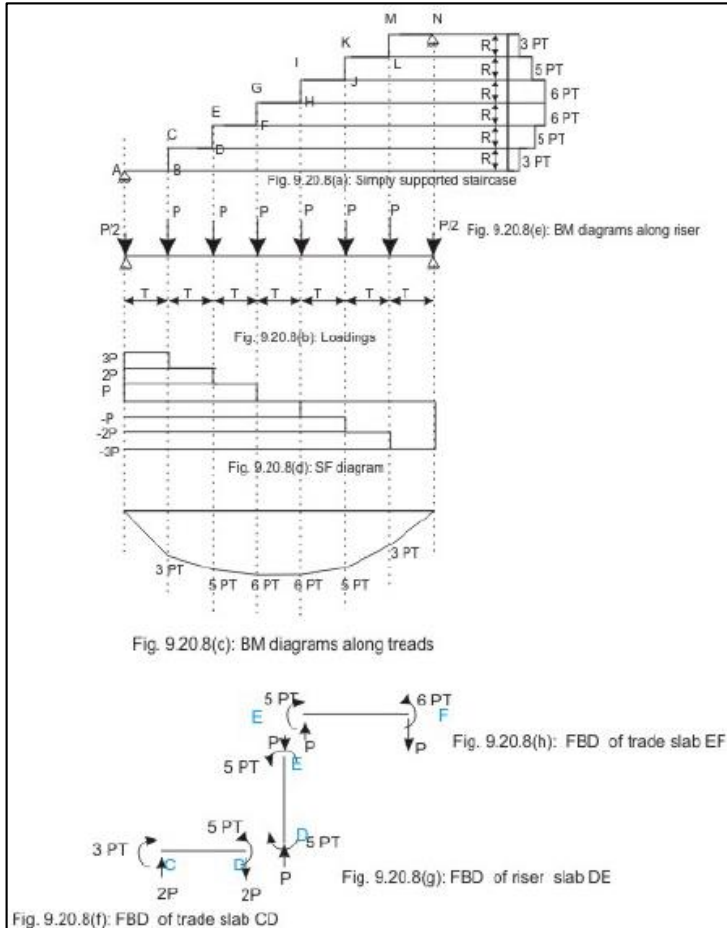
**Gambar 2.23 Pembebanan Tangga yang Dibangun pada Dinding**

Gambar 2.19 menunjukkan satu tangga terbuka, yang mana sebagian bentang menyeberang di sudut kanan. Beban tangga seperti di daerah umum untuk apapun untuk rentang tersebut harus diambil sebagai lima puluh persen di setiap arah seperti yang ditunjukkan Gambar 2.20. Selain itu, salah satu 150 mm dapat dikurangkan dari daerah pembebanan dan luasan efektif dari bagian ini meningkat sebesar 75 mm untuk desain di mana tanjakan atau pendaratan yang tertanam ke dinding untuk panjang terbaru 110 m dan dirancang untuk rentang di arah tanjakan (Gambar 20.20).

#### **2.4.5.5 Analisa Struktur Tangga**

Sebagian besar sistem struktur tangga mencakup membujur atau melintang masalah standar analisis struktural, baik statis tertentu atau tak tentu. Dengan demikian, tangga dapat dianalisis dengan metode analisis yang cocok untuk sistem tertentu. Namun, analisis ketat akan sulit dan melibatkan jenis tapak-naikan(tanjakan) atau tangga berdiri bebas di mana pelat berulang kali dilipat. Jenis tangga telah memiliki daya tarik tersendiri karena daya tarik estetika dan karena itu analisis disederhanakan untuk jenis tangga yang dibentangkan membujur/memanjang dijelaskan di bawah. Perlu disebutkan bahwa idealisasi tertentu dibuat dalam

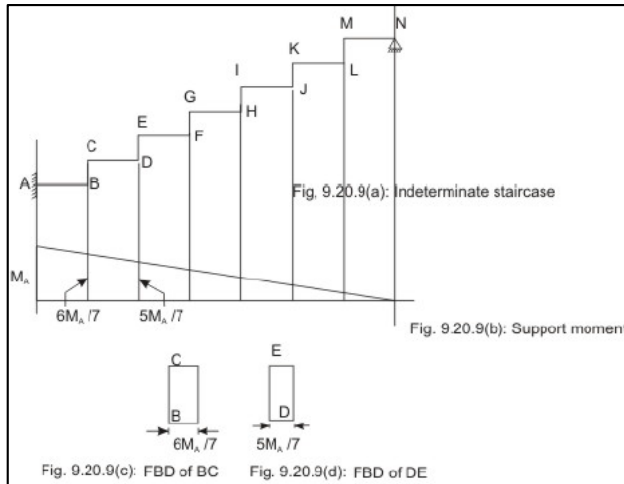
struktur sebenarnya untuk penerapan desain analisis. Desain-desain berdasarkan analisis sederhana telah ditemukan untuk memenuhi kebutuhan praktis.



**Gambar 2.24** Beban dan Gaya-gaya yang Bekerja pada Tangga



Gambar 2.24, menunjukkan pendukung sederhana injakan / tapak dan tanjakan tangga. Beban terdistribusi merata diasumsikan bertindak di tingkat tanjakan (Gambar 9.20.8b). Momen lentur dan diagram gaya geser sepanjang tapak dan diagram momen lentur sepanjang anak tangga ditunjukkan pada Gambar c, d dan e, masing-masing. Diagram free body dari CD, DE, dan EF ditunjukkan pada Gambar 8f, g dan h, masing-masing. Hal ini terlihat bahwa pelat injak dikenakan bervariasi momen lentur dan gaya geser konstan (Gambar 8f). Di sisi lain pelat tanjakan dikenakan momen lentur konstan dan gaya aksial (baik tekan atau tarik). Asumsinya adalah bahwa tanjakan anak tangga dan pelat injakan anak tangga dihubungkan secara kaku. Telah diamati bahwa kedua pelat injakan dan tanjakan mungkin dirancang untuk momen lentur saja sebagai tegangan geser di pelat injakan dan gaya aksial di pelat tanjakan relatif rendah. Ketebalan pelat injakan dan tanjakan anak tangga harus dibuat sama dan sama dengan bentang /25 untuk pendukung sederhana dan bentang/30 untuk tangga menerus.



**Gambar 2.25 Visualisasi Bidang Momen dan Geser pada Struktur Tangga**

Gambar di atas menunjukkan anak tangga dengan perletakan statis tak tentu. Di sini, analisis dapat dilakukan dengan menambahkan efek dari momen pendukung MA (Gambar 9b) dengan hasil dari kasus pendukung sederhana sebelumnya. Namun, nilai MA dapat ditentukan dengan menggunakan metode momen-area. Diagram free-body dari dua anak tangga vertikal BC dan DE ditunjukkan pada Gambar 9c dan d, masing-masing.

## 2.4.6 Sambungan Struktur Baja

Karena pada perhitungan struktur Hotel Swiss Bellin ini direncanakan ulang menggunakan struktur baja sambungan yang digunakan dapat dipilih berdasarkan jenis sambungan dan berdasarkan jenis alat sambungannya. Berdasarkan jenis sambungan menurut SNI 1729:2015 ada dua jenis yaitu sambungan sederhana dan sambungan momen. Sedangkan berdasarkan jenis alat sambungannya ada beberapa pilihan sambungan yang dapat digunakan yaitu sambungan paku keling, sambungan baut dan atau sambungan las. Berdasarkan perencanaan penulis bab ini akan menjelaskan cakupan yang diatur sebagai berikut :

- Sambungan Momen
- Kelebihan Sambungan Baut
- Jenis Sambungan Baut
- Kelompok Baut Eksentris Dibebani Normal pada Permukaan *Faying*

### 2.4.6.1 Sambungan Momen

Berdasarkan SNI 1729:2015 bagian J1.3 Sambungan momen adalah Sambungan ujung dari balok, gelagar, dan rangka batang yang dikekang harus didesain untuk efek kombinasi gaya geser yang dihasilkan dari momen dan geser yang disebabkan oleh kekakuan sambungan. Kriteria respons untuk sambungan momen dijelaskan dalam Pasal B3.6b.

Pasal B3.6b menjelaskan ada dua tipe sambungan momen yaitu Tertahan Penuh (TP) dan Tertahan Sebagian, boleh digunakan dengan persyaratan sebagai berikut :

a. Sambungan Momen Tertahan Penuh (TP)

Sambungan Momen Tertahan Penuh (TP) menyalurkan momen dengan rotasi yang boleh diabaikan antara komponen struktur yang tersambung. Pada analisis struktur, sambungan ini diasumsikan untuk tidak memungkinkan terjadinya rotasi relatif. Suatu sambungan TP harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antara komponen struktur tersambung pada kondisi batas kekuatan.

b. Sambungan Momen Tertahan Sebagian (TS)

Sambungan Momen Tertahan Sebagian mampu menyalurkan momen, tetapi rotasi anatara komponen struktur yang tersambung tidak boleh diabaikan. Pada analisis struktur harus mencakup karakteristik respons gaya deformasi sambungan. Karakteristik respon sambungan TS harus terdokumentasi dalam literatur teknis atau ditetapkan dengan analisis atau merupakan hasil rata-rata eksperimental. Elemen komponen sambungan TS harus memiliki kekuatan, kekakuan dan kapasitas deformasi yang cukup pada kondisi batas kekuatan.

#### **2.4.6.2 Kelebihan Sambungan Baut**

Penulis merencanakan menggunakan sambungan baut karena memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan sambungan las.

Di antara banyak keuntungan dari baut kekuatan tinggi, yang sebagian besar menjelaskan kesuksesan sambungan baut, adalah sebagai berikut (Jack C. McCormac dan Stephen F. Csernak, 2012) :

1. Membutuhkan sedikit kru / pekerja, dibandingkan dengan paku keling. Dua orang pekerja sambungan baut dapat

dengan mudah menyelesaikan pekerjaan tersebut dalam sehari dibandingkan dengan paku keling karena jumlah paku keling didorong oleh standar empat orang pekerja paku keling dalam sehari jika dibandingkan dengan sambungan baut. Hasilnya adalah ereksi baja lebih cepat.

2. Dibandingkan dengan paku keling, jumlah baut yang dibutuhkan lebih sedikit dengan kekuatan yang sama.
3. Tidak ada baut ereksi yang diperlukan yang mungkin dapat dihapus (tergantung spesifikasi), seperti sambungan yang dilas.
4. Meskipun cukup bising, proses pembautan tidak sekeras pemasangan paku keling.
5. Peralatan yang digunakan untuk membuat sambungan baut lebih murah.
6. Tidak ada bahaya kebakaran.
7. Apabila ada struktur yang ingin dirubah atau dibongkar, perubahan koneksi cukup sederhana karena sambungan baut mudah dipasang dan dibongkar.

#### **2.4.6.3 Jenis Sambungan Baut**

Ada dua kategori dari baut, baut umum dan baut kekuatan tinggi. Selain itu baut kekuatan tinggi dikelompokkan berdasarkan tingkat kekuatan ke dalam dua kategori yaitu baut kelompok A (A325, F182, BC A354 grade dan A449) dan baut kelompok B (A490, F2280 dan A354 kelas BD). Baut umum kelas A307 dengan kekuatan tarik nominal 45 kips/inch<sup>2</sup> hanya digunakan hanya dalam koneksi *snug-tight* (jenis bantalan) saja. Baut kekuatan tinggi dengan kekuatan tarik nominal 90 kips/inch<sup>2</sup>, atau kelompok B dengan kekuatan tarik nominal 113 kips/inch<sup>2</sup> digunakan untuk jenis bantalan, *pretension*, dan sambungan slip-kritis. Baut diinstal berdasarkan tiga jenis sambungan (Alan Williams, 2015) :

1. Jenis bantalan atau sambungan *snug-tight*, memerlukan baut yang harus diperketat cukup untuk membawa lapisan dalam kontak rangkaian. Tingkat ketegangan yang

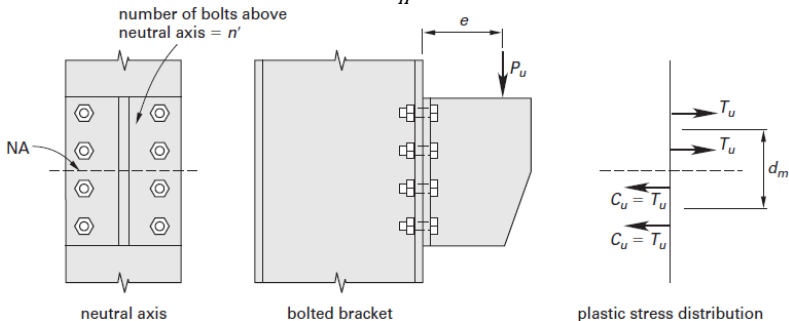
terpasang tidak ditentukan. Transfer beban dari satu bagian yang terhubung ke yang lain tergantung pada bantalan baut terhadap sisi lubang. Jenis ini dapat digunakan ketika *pretensioned* atau slip-kritis koneksi tidak disarankan atau tidak harus digunakan.

2. Sambungan *pretensioned* memerlukan baut untuk *pretensioned* untuk nilai minimum 70% dari kekuatan tarik minimum baut dan permukaan faying mungkin tanpa lapisan, dilapisi, atau galvanis terlepas dari koefisien gelincir. Transfer beban dari satu bagian yang terhubung ke yang lain tergantung pada bantalan baut terhadap sisi lubang. koneksi *Pretensioned* diperlukan ketika koneksi bantalan-jenis yang digunakan dalam,
  - Splices kolom di gedung-gedung yang tingginya lebih dari 125 ft.
  - Bresing member di gedung-gedung yang tingginya lebih dari 125 ft.
  - Struktur yang membawa crane dengan kapasitas lebih dari 5 ton.
  - Mesin pendukung yang menyebabkan dampak atau *stress reversal*.
3. Sambungan slip-kritis memerlukan baut untuk *pretensioned* untuk nilai minimum 70% dari kekuatan tarik baut itu, dan permukaan faying harus siap untuk menghasilkan nilai tertentu dari koefisien gelincir. Transfer beban dari satu bagian yang terhubung ke yang lain tergantung pada gesekan yang disebabkan antar bagian. koneksi slip-kritis diperlukan di mana,
  - Terjadi beban lelah (*fatigue load*).
  - Baut yang digunakan dalam lubang yang lebih besar atau lubang celah sejajar dengan arah beban.
  - Gelincir di permukaan faying akan mempengaruhi kinerja dari struktur.

- Baut yang digunakan ada hubungannya dengan las.

#### 2.4.6.4 Kelompok Baut Eksentris Dibebani Normal pada Permukaan *Faying*

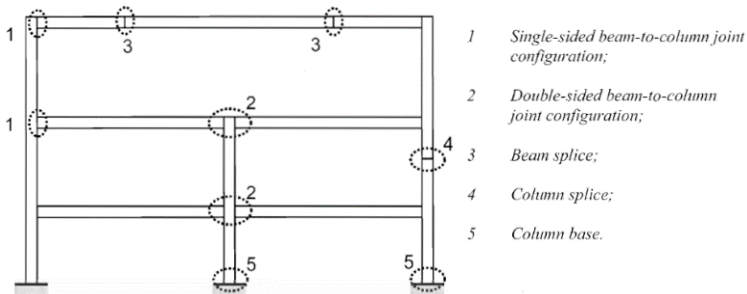
Eksentris kelompok baut terbebani dari jenis yang ditunjukkan pada Gambar dapat konservatif dirancang dengan asumsi bahwa sumbu netral terletak pada pusat kelompok baut dan bahwa distribusi tegangan plastik diproduksi di baut. Gaya tarik di setiap baut di atas sumbu netral karena eksentrisitas yang diberikan oleh  $T_u = \frac{P_u e}{n' d_m}$ . Gaya geser pada setiap baut karena beban yang diterapkan adalah memberi  $V_u = \frac{P_u}{n}$ .



**Gambar 2.26 Kelompok Baut Eksentris Dibebani Normal ke Permukaan *Faying***

#### 2.4.7 Hubungan Antar Struktur Baja

Pada bagian ini dijelaskan bentuk hubungan antar struktur baja yang pada umumnya digunakan dan dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan perhitungan struktur dan metode pelaksanaan Hotel Swiss Belinn. Skema sambungan struktur pada bangunan baja dapat dilihat pada Gambar berikut ini. Yang menjadi cakupan pada bab ini adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.27 Elemen Sambungan Struktur Baja**

## **2.5 Pembebanan pada Bangunan Struktur Baja berdasarkan SNI 1727:2013**

Sesuai dengan yang dijelaskan pada bab B.2 SNI 1729:2015 bahwa beban dan kombinasi beban harus seperti ditetapkan oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku. Peraturan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung ini adalah SNI 1727:2013 tentang “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. Yang menjadi cakupan pada bahasan ini adalah sebagai berikut :

- 1.3.1 Beban Mati (D)
- 1.3.2 Beban Hidup (L)
- 1.3.3 Beban Banjir (E)
- 1.3.4 Beban Hujan
- 1.3.5 Beban Angin
- 1.3.6 Beban Gempa
- 1.3.7 Kombinasi Pembebanan

### **2.5.1 Beban Mati (D)**

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1 beban mati didefinisikan sebagai seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen

arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

### **2.5.2 Beban Hidup (L)**

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.1 beban hidup dapat didefinisikan menjadi beberapa istilah dua diantaranya adalah beban hidup dan beban hidup atap, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung dan atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. Sedangkan beban hidup atap adalah beban pada atap yang diakibatkan (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

Besaran beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum yang dibutuhkan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 yang nilainya diambil dari Tabel 4-1 pada SNI 1727:2013.

### **2.5.3 Beban Hujan**

Pada SNI 1727:2013 Pasal 8.3 dikatakan bahwa setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya. Apabila sistem drainase terdiri dari beberapa saluran, saluran-saluran tersebut dan titik keluarannya harus dipisahkan dari saluran primer.



#### **2.5.4 Beban Angin**

Beban angin pada SNI 1727:2013 dibahas mulai dari Pasal 26 hingga Pasal 31, hal tersebut menunjukkan bahwa beban angin memang sangat kompleks dan perlu untuk diperhatikan. Yang menjadi pokok bahasan pada Pasal 26 adalah persyaratan umum beban angin diantaranya prosedur, definisi, simbol, umum, zona bahaya angin, arah angin, eksposur, efek topografi, efek tiupan angin, klasifikasi ketertutupan, dan koefisien tekanan internal. Pasal 27 adalah beban angin pada bangunan gedung – SPBAU (prosedur pengarah), Pasal 28 adalah beban angin pada bangunan gedung – SPBAU (prosedur amplop), Pasal 29 adalah beban angin pada struktur lain dan perlengkapan bangunan gedung – SPBAU, Pasal 30 adalah beban angin komponen dan klading (  $k$  dan  $k_c$  ) dan Pasal 31 adalah prosedur terowongan angin.

#### **2.5.5 Beban Gempa**

Pasal 9 SNI 1727:2013 menyebutkan bahwa ketentuan beban akibat seismik perlu dipertahankan untuk keperluan standar yang akan datang. Dalam mempersiapkan ketentuan seismik yang ada, Pasal 11 sampai dengan Pasal 23 dan Lampiran 11.A serta Lampiran 11.B dari ASCE 7, disusun tersendiri sebagai SNI 1726.

#### **2.5.6 Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 diberikan pada Pasal 2.3 tentang kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan. Kombinasi beban dan faktor beban dalam segi pemakaiannya yang dijelaskan pada Pasal 2.3.2 hanya digunakan pada kasus-kasus dimana kombinasi pembebanan dan beban terfaktor tersebut secara spesifik diatur oleh standar perencanaan yang sesuai. Pasal 2.3.2 menjelaskan tentang kombinasi dasar dimana struktur, komponennn dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

### **Pengecualian :**

1. Faktor beban pada L dalam kombinasi 3,4, dan 5 diizinkan sebesar 0,5 untuk semua tingkat hunian bila  $L_o$  pada Tabel 4-1 (SNI 1727:2013) kurang dari atau sama dengan 100 psf ( 4,79 kN/m<sup>2</sup> ), dengan pengecualian daerah garasi atau luasan yang ditempati merupakan tempat pertemuan umum.

Pada SNI 1727:2013 tentang kombinasi-kombinasi beban yang mencakup beban banjir dijelaskan apabila suatu struktur berada pada lokasi zona banjir (Pasal 5.3.1 SNI 1727:2013), kombinasi beban berikut ini harus diperhitungkan selain kombinasi dasar pada Pasal 2.3.2 :

1. Pada daerah zona V atau pantai zona A, untuk kombinasi beban (4) dan (6) yang bernilai  $1,0W$  harus diganti menjadi  $1,0W + 2,0F_a$ .
2. Pada daerah non pantai zona A, untuk kombinasi beban (4) dan (6) yang bernilai  $1,0W$  harus diganti menjadi  $0,5W + 1,0F_a$ .

## **2.6 Beban Gempa pada Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726:2012**

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 4.1.1 tentang Gempa rencana menjelaskan bahwa tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi

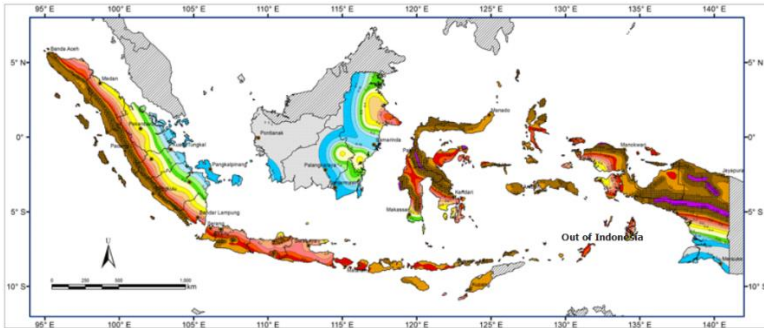
struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat terbesar selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2 persen.

Hotel Swiss Belinn Darmo ditinjau dari segi fungsi gedung atau jenis pemanfaatan dapat dikelompokkan dalam kategori resiko II berdasarkan Tabel I SNI 1726:2012 didefinisikan hampir sama fungsinya dengan gedung apartemen atau rumah susun dengan nilai Faktor keutamaan gempa  $I_e = 1,0$ . Berdasarkan data tanah yang, penulis melakukan perhitungan nilai tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata sehingga didapatkan nilai  $\bar{N} = 6,75 < 15$ . Maka termasuk kelas situs SE atau tanah lunak dapat dilihat pada Tabel berikut ini berdasarkan SNI 1726 : 2012 Tabel 3.

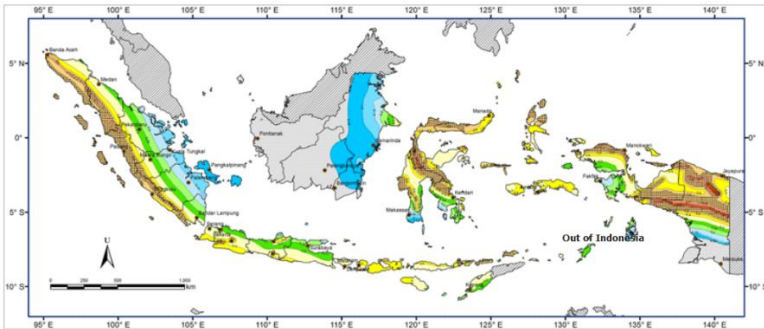
Tabel 2.1 **Nilai Tahanan Penetrasi Lapangan Rata-rata ( $\bar{N}$ )**

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $N_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50

Nilai  $S_s = 0,6$  dan nilai  $S_1 = 0,3$ . Nilai – nilai tersebut dihitung berdasarkan periode ulang 2500 tahun dan didapatkan dengan cara melihat peta Hazard Gempa Indonesia melalui websait [puskim.go.id](http://puskim.go.id) yang diterbitkan oleh pemerintah. Nilai  $S_s$  didapatkan dengan melihat peta gempa MCER  $S_s$  pada Gambar 2.26 dan nilai  $S_1$  didapatkan dengan melihat peta gempa MCER  $S_1$  pada Gambar 2.27 berikut ini.



**Gambar 2.28 Peta Gempa MCER Ss ( sumber : puskim.go.id )**



**Gambar 2.29 Peta Gempa MCER S1 ( sumber : puskim.go.id )**

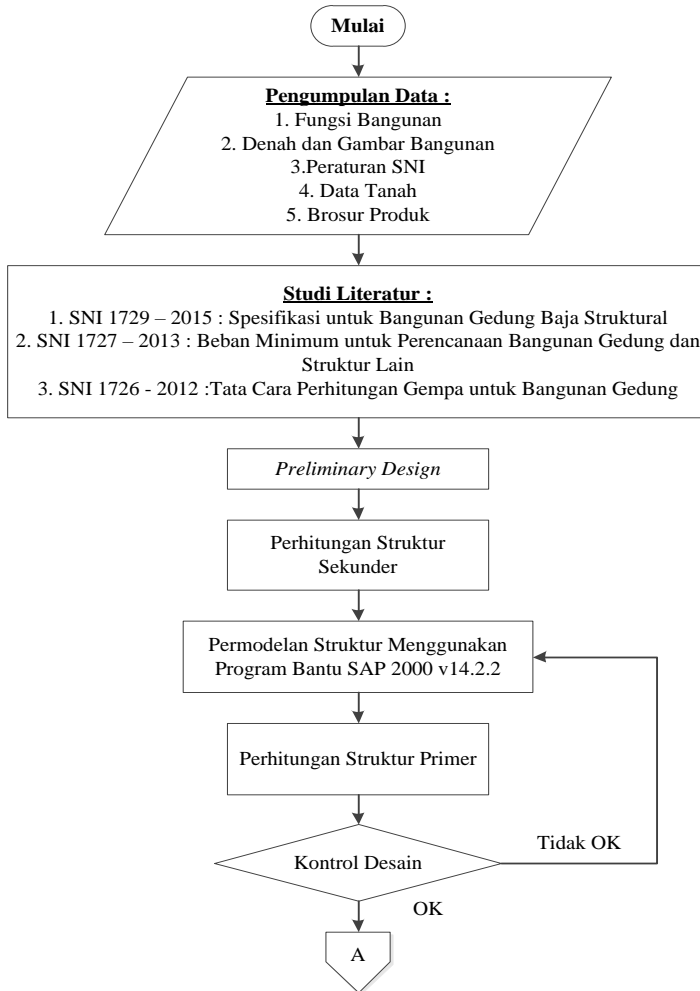
Beban gempa pada perhitungan struktur bangunan ini akan menggunakan metode respon spektrum dimana menurut Pasal 12.6.3.3 SNI 1726-2012 dikatakan bahwa analisis spektrum respons harus dilakukan dengan menggunakan suatu nilai redaman ragam fundamental di arah yang ditinjau tidak lebih besar dari nilai yang terkecil dari redaman efektif sistem isolasi atau 30 persen redaman kritis. Nilai redaman ragam untuk ragam-ragam yang lebih tinggi harus dipilih konsisten dengan redaman yang sesuai untuk analisis spektrum respons struktur diatas sistem isolasi yang diasumsikan terjepit di bawahnya.

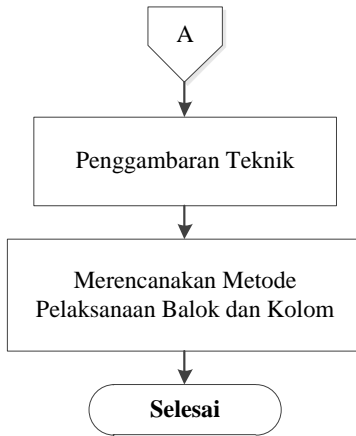
Gaya geser rencana di setiap tingkat tidak boleh kurang dari gaya geser tingkat yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 85 (SNI 1726:2012) dimana  $V_s$  dan suatu nilai  $V_s$  yang sama dengan gaya geser dasar yang diperoleh dari analisis spektrum respons di arah yang ditinjau.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir





**Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir**

Diagram alir pada Gambar 3.1 menjelaskan tentang tahapan pengerjaan “Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Swiss Belinn Darmo Menggunakan Struktur Baja Metode *Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB)*”.

### 3.2 Metodologi Tugas Akhir

Bab ini akan menjelaskan tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam proses mengerjakan tugas akhir yang urutan pelaksanaannya sesuai dengan diagram alir.

#### 3.2.1 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah pengumpulan data dan studi literatur dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data untuk perencanaan ulang gedung, meliputi :
  - Gambar arsitektur dan struktur.
  - Data tanah ( *soil investigation* ).



- Brosur profil baja dan baut yang tersedia di pasaran, brosur tiang pancang dan brosur lift.
- b. Studi literatur
  - Mempelajari literatur mengenai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
  - Mempelajari literatur tentang perilaku struktur bangunan baja dan perhitungan struktur baja metode *Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa* (SRBKB).
  - Mempelajari peraturan-peraturan yang digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan struktur baja.

### 3.2.2 Data Bangunan

Proyek pembangunan Hotel Swiss Belinn Darmo akan dimodifikasi dan dirancang ulang dengan menggunakan struktur baja metode LRFD, gedung tersebut berada di kota Surabaya yang termasuk dalam wilayah gempa 2 berdasarkan peta wilayah gempa Indonesia.

Data bangunan Hotel Swiss Belinn,

Tipe bangunan	: Hotel
Letak bangunan	: Jauh dari pantai
Zona gempa	: Zona 2 ( kota Surabaya )
Tinggi bangunan	: 60.70 m
Jumlah lantai	: 15 lantai + semi basement + rangka atap
Struktur bangunan	: Beton bertulang dengan atap pelat beton dan konstruksi baja ( <i>Existing</i> )
Struktur pondasi	: Pondasi tiang pancang
Mutu beton ( $f'c$ )	: 30 Mpa
Mutu baja tulangan	: BJ TD 400 Mpa BJ TD 240 Mpa
Mutu baja profil ( $f_y$ )	: BJ 37
Sistem struktur	: Sistem Ganda
Data bangunan perencanaan ulang (modifikasi),	
Tipe bangunan	: Hotel
Letak bangunan	: Jauh dari pantai

Zona gempa	: Zona 2 ( kota Surabaya )
Tinggi bangunan	: 60,68 m
Jumlah lantai	: 15 lantai + semi basement
Struktur bangunan	: Struktur baja dengan atap pelat beton dan konstruksi baja
Struktur pondasi	: Pondasi tiang pancang
Mutu beton ( $f'c$ )	: 30 Mpa
Mutu baja tulangan	: BJ TD 390 Mpa BJ TD 240 Mpa
Mutu baja profil ( $f_y$ )	: BJ 37
Sistem struktur	: Sistem Rangka Pemikul
Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Bresing	
Konsentris Biasa (SRBKB)	

### 3.2.3 Peraturan yang Digunakan

Peraturan yang digunakan dalam perhitungan struktur Hotel Swiss Belinn Darmo adalah sebagai berikut :

1. SNI 1729 - 2015 : Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 1727 - 2013 : Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726 - 2012 : Tata Cara Perhitungan Gempa untuk Bangunan Gedung

### 3.2.4 Preliminary Desain

*Preliminary design* adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal, jenis dan mutu bahan yang akan digunakan serta beban-beban yang mungkin mempengaruhi dalam perhitungan yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi komputer untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Dimensi-dimensi yang akan dilakukan preliminari desain antara lain struktur bangunan

atas dan struktur bangunan bawah, dimana preliminari desain dilakukan mengacu pada peraturan-peraturan yang dijabarkan sebagai berikut :

Struktur bangunan atas – struktur primer,

1. Menentukan dimensi balok (SNI 1729 – 2015)
2. Menentukan dimensi kolom (SNI 1729 – 2015)

Struktur bangunan atas – struktur primer,

1. Menentukan dimensi balok anak (SNI 1729 – 2015)
2. Menentukan dimensi balok penggantung lift (SNI 1729 – 2015)
3. Menentukan dimensi pelat lantai bonde (SNI 1729 – 2015)
4. Menentukan dimensi pelat atap (SNI 1729 – 2015)
5. Menentukan dimensi struktur tangga

Struktur bangunan bawah,

1. Menentukan dimesi dan kedalaman pondasi
2. Menentukan dimensi *pile cup*

### **3.2.5 Analisa Pembebanan**

Perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur berdasarkan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013), beban-beban yang tidak disebutkan di peraturan tersebut akan diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983. Analisa pembebanan akan dijabarkan sebagai berikut :

1. Beban Mati (D),
  - a. Beban mati pada balok : berat sendiri balok, beban mati pelat atap / pelat lantai, beban dinding, beban plesteran dan acian.

- b. Beban mati pada pelat lantai : berat sendiri pelat, beban keramik, beban spesi, beban plafon dan penggantung, beban pemipaan air bersih dan kotor dan beban instalasi listrik.
  - c. Beban mati pada pelat atap : berat sendiri pelat atap, beban aspal, beban plafon dan penggantung, beban pemipaan air bersih dan kotor dan beban instalasi listrik.
  - d. Beban mati pada rangka atap : berat sendiri rangka atap, beban plafon dan penggantung, beban sambungan dan beban instalasi listrik.
  - e. Beban mati pada struktur tangga : berat sendiri pelat tangga, beban anak tangga, berat sendiri pelat bordes, beban keramik, beban spesi dan beban *hand-railing*.
2. Beban Hidup (L),
    - a. Beban hidup pada lantai gedung ditentukan berdasarkan SNI 1727 : 2013 Tabel 4-1.
    - b. Beban hidup pada atap gedung ditentukan berdasarkan SNI 1727 : 2013 Pasal 4.8.2.
    - c. Beban hidup pada tangga ditentukan berdasarkan SNI 1727 : 2013 Pasal 4.5.4.
  3. Beban Angin (W),  
Ditentukan berdasarkan SNI 1727 : 2013 Pasal 26 hingga Pasal 31.
  4. Beban Gempa (E),  
Ditentukan berdasarkan peraturan “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung” SNI 1726 : 2012.

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 diberikan pada Pasal 2.3 tentang kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan dan lebih spesifik dijabarkan pada pasal 2.3.2 sebagai berikut :

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

Keterangan,

- $D$  = Beban Mati  
 $L$  = Beban Hidup  
 $L_r$  = Beban Hidup Atap  
 $W$  = Beban Angin  
 $E$  = Beban Gempa  
 $R$  = Beban Hujan  
 $S$  = Beban Salju

### 3.2.6 Pemodelan Struktur

1. Lingkup Perencanaan,  
 Struktur bangunan yang akan dianalisa dalam perencanaan bangunan gedung Hotel Swiss Belinn Darmo ini diantaranya adalah sebagai berikut :
  - a. Struktur bangunan atas meliputi balok, kolom, tangga, pelat lantai, pelat atap, rangka atap dan sloof.
  - b. Struktur bangunan bawah meliputi pondasi tiang pancang dan *pile cap*.
2. Deskripsi Model Bangunan,  
 Struktur bangunan Hotel Swiss Belinn Darmo dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi, pada perencanaan ini bangunan hotel memiliki 1 lantai basement, 15 lantai dan 1 lantai atap dengan mengasumsikan perletakan jepit pada dasar gedung guna mendapatkan gaya untuk melakukan perhitungan pada struktur pondasi.  
 Pada bagian atap bangunan inimennggunakan pelat beton bonundex dan sebagiannya menggunakan rangka baja.

Pembebanan yang terjadi pada pelat lantai, pelat atap dan pelat tangga dibedakan karena memiliki tebal yang berbeda.

### 3.2.7 Analisa Gaya Dalam

Nilai gaya dalam diperoleh dari program bantuan SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan yang telah disebutkan pada sub bab 3.1.5 Metodologi Tugas Akhir. Dari kombinasi pembebanan yang telah di input pada permodelan struktur SAP 2000 diambil nilai yang terbesar untuk mengetahui gaya maksimum yang terjadi.

### 3.2.8 Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer

#### 1. Kontrol Perhitungan Balok Berdasarkan SNI 1729 : 2015

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\phi_b M_n > M_u$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

Dengan  $\phi_b$  adalah faktor reduksi lentur dan  $\phi_v$  adalah faktor reduksi geser yang nilainya sebesar 0,9. Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut:

#### a. Cek terhadap kelangsingan penampang (SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b)

Sayap (*flange*),

Sayap berpenampang kompak jika,  $\lambda \leq \lambda_p$

Sayap berpenampang tidak kompak jika,

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$$

Sayap berpenampang langsing jika  $\lambda > \lambda_r$

Badan (*web*),

Badan berpenampang kompak jika,  $\lambda \leq \lambda_p$

Badan berpenampang tidak kompak jika  $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$

Badan berpenampang langsing jika,  $\lambda > \lambda_r$

- b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang,  
 Penampang kompak :

$$M_n = R_{pg} \cdot F_{cr} \cdot S_{xc}$$

Penampang tidak kompak :

$$F_{cr} = [F_y - (0.3 F_y) \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)]$$

Untuk Penampang langsing :

$$F_{cr} = \frac{0.9 E k_c}{\left( \frac{b_f}{2 t_f} \right)^2}$$

Dimana:

$R_{pg}$  = Faktor reduksi kekuatan lentur

$F_{cr}$  = Tegangan kritis

$S_{xc}$  = Modulus penampang elastis

Secara umum harus memenuhi persamaan,

$$M_u \leq \phi M_n$$

Dimana:

$M_n$  = Momen nominal

$M_u$  = Momen ultimate

- c. Cek terhadap tekuk torsi lateral (SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2)

Bentang pendek, syarat bentang pendek :

$$L_b < L_p$$

Bentang menengah, syarat bentang menengah :

$$L_p \leq L_b \leq L_r$$

Bentang panjang, syarat bentang panjang :

$$L_b > L_r$$

d. Cek nominal geser (SNI 03-1729-2015 Pasal G2)

Kuat geser balok tergantung perbandingan antara tinggi bersih pelat badan ( $h$ ) dengan tebal pelat badan ( $t_w$ )

Pelat badan leleh (Plastis),

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow \phi = 0,9$$

Dimana:

$f_y$  = Tegangan leleh baja

$A_w$  = Luas badan, tinggi keseluruhan dikali tebal badan ( $d \cdot t_w$ )

$C_v$  = Koefisien geser badan

$V_n$  = Kuat geser nominal

e. Kontrol kuat Tarik (SNI 03-1729-2015 Pasal D5)

Keruntuhan Tarik dan Geser,

$$P_n = F_u(2tb_e)$$

$$P_n \leq 0,6 F_u A_{sf}$$

Dimana:

$P_n$  = Kuat tekan nominal

$F_u$  = Kuat tarik baja

$A_{sf}$  = Luas geser pada jalur runtuh

2. Kolom (SNI 1729:2015 pasal E3)

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya tekan. Kolom menahan beban aksial melalui titik centroid. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor,  $N_u$  harus memenuhi syarat:

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow \phi = 0,9$$



- a. Kontrol Tekuk Lentur (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P_n &= \text{Kuat tekan nominal} \\ F_{cr} &= \text{Tegangan kritis} \\ A_g &= \text{Luas penampang bruto} \end{aligned}$$

- b. Kontrol Tekuk Puntir (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_w &= \text{Konstanta pilin, (mm}^6\text{)} \\ G &= \text{Modulus elastis geser dari baja} \\ &\quad (77200 \text{ MPa}) \\ K_z &= \text{Faktor panjang efektif untuk} \\ &\quad \text{tekuk torsi} \\ J &= \text{Konstanta torsi (mm}^4\text{)} \\ I_x, I_y &= \text{Momen inersia di sumbu utama} \\ &\quad (\text{mm}^4) \end{aligned}$$

- c. Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur: (SNI 1729:2015 pasal H1.1)

Momen lentur dominan,

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00$$

Gaya aksial dominan,

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00$$

Dimana :

- $P_r$  = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (N)  
 $P_c$  = kekuatan aksial tersedia (N)  
 $M_r$  = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (N.mm)  
 $M_c$  = kekuatan lentur tersedia (N.mm)  
 $x$  = indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur  
 $y$  = indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur

d. Amplifikasi momen (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

Kekuatan lentur yang diperlukan,  $M_r$ , dan kekuatan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

Dimana :

$B_1$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

$B_2$  = Pengali untuk menghitung efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

$M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_{nt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.

$P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_{nt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

$P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

### 3.2.9 Perencanaan Sambungan

#### 1. Sambungan baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

Kuat geser :  $R_n = F_n A_b$

Kuat tumpu :  $R_n = F_{nt} A_b$

( Dari kedua rumus diatas dipilih nilai yang paling kecil )

Jumlah baut (n) :  $n = \frac{V_u}{\phi R_n}$

Dimana,

$F_n$  = Tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$ , (MPa)

$A_b$  = Tuas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

$F_{nt}$  = Tegangan tarik nominal,  $F_{nt}$ , atau tegangan geser,  $F_{nv}$ , (MPa)

Kontrol jarak baut,

Jarak tepi minimum = 1,5 db

Jarak tepi maksimum =  $(4t_p + 100 \text{ mm})$   
atau 200 mm

Jarak minimum antar baut = 3 db

Jarak maksimum antar baut = 15 tp atau 200 mm

## 2. Sambungan Las (SNI 1729:2015 pasal J2.3.4)

$$R_u \leq \phi R_n$$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las :  $R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja:  $R_n = F_{nBM} \cdot A_{BM}$

Dimana,

$F_{nBM}$  = Tegangan nominal dari logam dasar, Mpa

$F_{nw}$  = Tegangan nominal dari logam las, Mpa

$A_{BM}$  = Luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

### 3.2.10 Gambar Perencanaan

Jika evaluasi dan kontrol sudah benar dan memenuhi maka tahap selanjutnya adalah membuat gambar dari hasil perencanaan dan perhitungan sebagai berikut :

a) Gambar arsitektur, terdiri dari :

- ✓ Gambar denah
- ✓ Gambar tampak

b) Gambar struktural, terdiri dari :

- ✓ Gambar potongan
  - Memanjang
  - Melintang
- ✓ Gambar denah
  - Pelat
  - Balok
  - Kolom

✓ Gambar penulangan

- Pelat
- Balok

✓ Gambar detail

Gambar detail panjang penyaluran meliputi :

- Detail tangga
- Detail sambungan

### **3.2.11 Metode Pelaksanaan Struktur Balok dan Kolom Baja**

Perencanaan metode pelaksanaan sangat berperan dalam suatu proses konstruksi sebuah bangunan. Penggunaan metode yang tepat dan sesuai dengan kondisi proyek diharapkan dapat membantu proses pembangunan agar lebih efektif, efisien dan aman. Target yang ingin dicapai pada pelaksanaan elemen struktur “Balok dan Kolom” adalah 3T : tepat mutu atau kualitas, tepat biaya atau kuantitas, dan tepat waktu.

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi ada kalanya diperlukan metode terobosan yang belum tentu sesuai dengan perencanaan untuk menyelesaikan pekerjaan lapangan. Khususnya untuk menghadapi kendala-kendala yang diakibatkan oleh kondisi lapangan yang tidak sesuai dengan dugaan sebelumnya. Oleh karena itu, penerapan metode pelaksanaan konstruksi bangunan struktur baja yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, akan sangat membantu dalam penyelesaian pembangunan.

Struktur bangunan baja memerlukan teknik khusus dalam pembangunannya. Oleh karena itu, perencanaan metode pelaksanaan elemen struktur “Balok dan Kolom” sangat diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah dalam proses konstruksi bangunan struktur baja.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **DESAIN STRUKTUR ATAP**

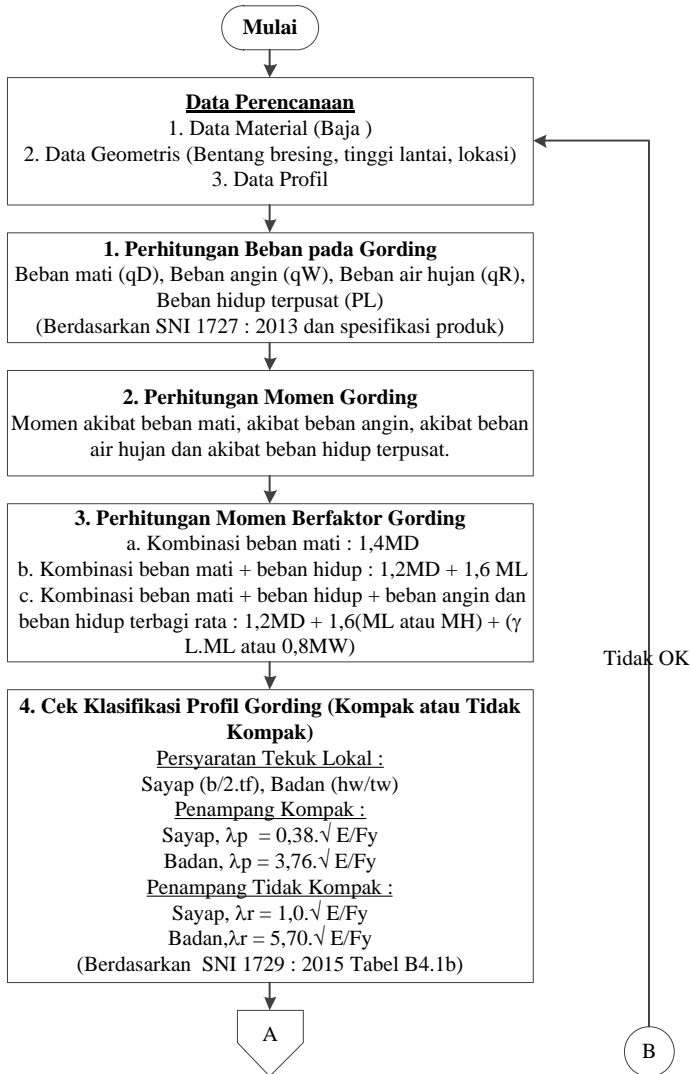
#### **4.1 Umum**

Struktur atap merupakan komponen dari suatu konstruksi bangunan yang memiliki fungsi sebagai pelindung elemen bangunan yang berada di bawahnya, baik dari hujan angin maupun sinar matahari secara langsung. Pada bangunan ini digunakan struktur atap dari baja dengan penutup atap menggunakan produk dari “Sun Panel” karena elemennya lebih ringan. Struktur atap Hotel Swis Belinn Centrum Darmo Surabaya direncanakan menggunakan struktur baja rangka kaku dengan model berbentuk pelana.

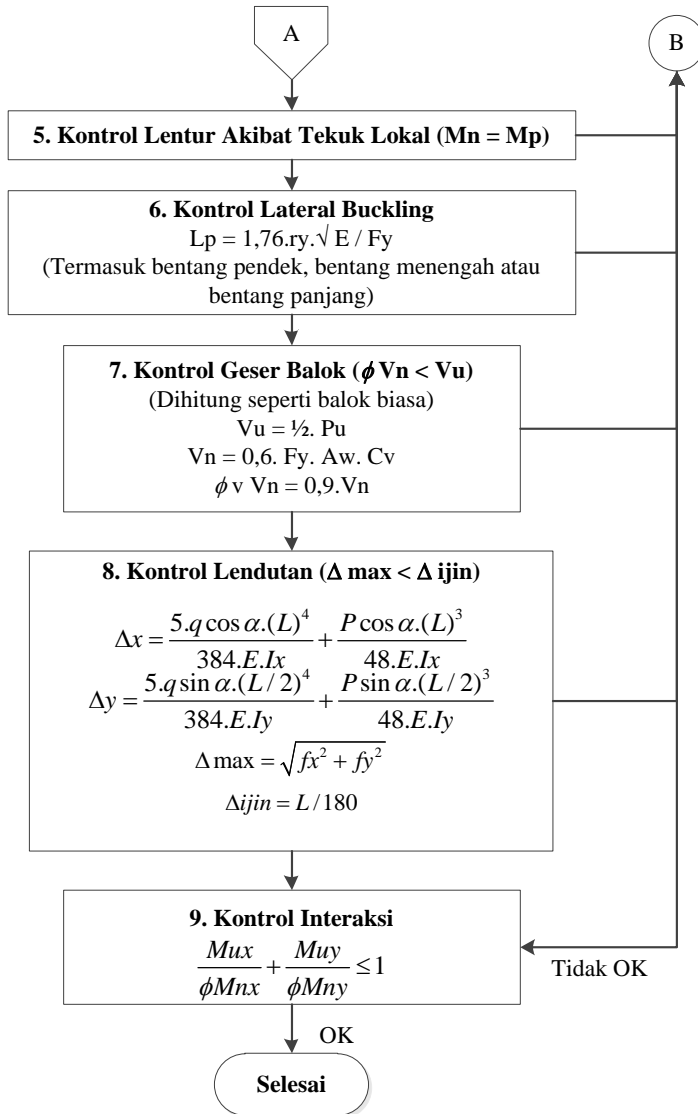
#### **4.2 Data Perencanaan Rangka Atap**

Bahan kuda-kuda	= Profil WF
Bahan gording	= Profil WF
Mutu baja BJ 41	
$F_y$	= 2500 kg/cm <sup>2</sup>
$F_u$	= 4100 kg/cm <sup>2</sup>
Tegangan ijin baja	= 1600 kg/cm <sup>2</sup>
Jarak miring gording	= 1,55 m
Jarak datar gording	= 1,5 m
Jumlah penggantung gording	= 1 buah
Jarak kuda-kuda	= 4 m
Bentang kuda-kuda	= 24 m
Jarak penggantung gording	= 2 m
Kemiringan atap, $\alpha$	= 15°

### 4.3 Perencanaan gording



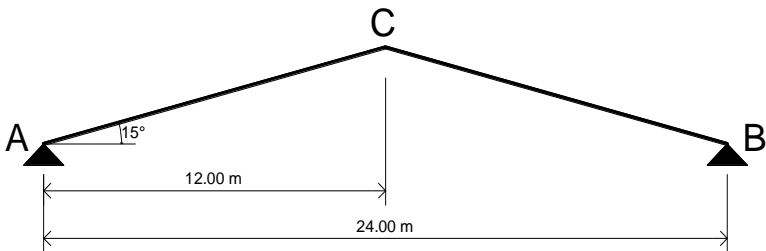




**Gambar 4.1 Diagram Alir Perencanaan Gording**

## a. Data Geometris

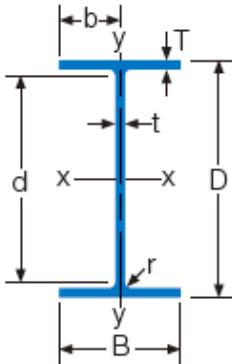
Panjang bentang, $L$	= 24,00 m
Tinggi kuda-kuda	= 3,22 m
Sudut kemiringan, $\alpha$	= $15^\circ$
Jarak antar kuda-kuda	= 4,00 m
Kecepatan angin	= 75 km/jam
Jumlah kuda-kuda	= 6 buah



## b. Data Material

BAJA			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	410	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	250	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>

## c. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

WF 150.75.5.7							
W	=	14	kg/m	r	=	8	mm
A	=	18	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	666	cm <sup>4</sup>
d	=	150	mm	I <sub>y</sub>	=	49	cm <sup>4</sup>
bf	=	75	mm	i <sub>x</sub>	=	5,11	cm
tw	=	5	mm	i <sub>y</sub>	=	1,67	cm
tf	=	7	mm	S <sub>x</sub>	=	89	cm <sup>3</sup>
hw	=	d-2.(tf+r)					
Aw	=	(d-2.tf).tw					
bf/2.tf	=	5,36					

#### 4.3.1 Perhitungan Beban pada Gording

##### a. Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned}
 &\text{-Berat penutup atap (A.G)} &&= 8,80 \text{ kg/m} \\
 &\text{-Berat gording WF150x75x5x7} &&= 14,01 \text{ kg/m} + \\
 &\qquad\qquad\qquad qD &&= 22,81 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{-10% berat lain-lain} &&= 2,28 \text{ kg/m} + \\
 &\qquad\qquad\qquad qD &&= 25,09 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{-Arah X} &&= \cos \alpha \cdot qD \text{ total} \\
 &&&= \cos (15^\circ) \cdot 25,09 \text{ kg/m} = 24,24 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{-Arah Y} &&= \sin \alpha \cdot qD \text{ total}
 \end{aligned}$$

$$= \sin (15^\circ). 25,09 \text{ kg/m} = 6,49 \text{ kg/m}$$

### **b. Beban Air Hujan (qR)**

$$\text{Beban air hujan (qR)} = 129 \text{ kg/m}^2$$

(Catatan : berdasarkan SNI 1727:2013, nilai beban tersebut telah direduksi)

Beban air hujan :

$$\begin{aligned} qR1 &= \text{jarak antar gording} \times 129 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1,50\text{m} \cdot 129 \text{ kg/m}^2 \\ &= 193,3 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Arah X} &= \cos \alpha \cdot qR1 \\ &= \cos (15^\circ). 193,3 \text{ kg/m} = 186,81 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Arah Y} &= \sin \alpha \cdot qR1 \\ &= \sin (15^\circ). 193,3 \text{ kg/m} = 50,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### **c. Beban Hidup Terpusat (P)**

$$\text{Beban hidup terpusat di tengah-tengah gording} = 90,72 \text{ kg}$$

(Catatan : berdasarkan SNI 1727:2013, Tabel 4.1)

$$\begin{aligned} \text{-Arah X} &= \cos \alpha \cdot P \\ &= \cos (15^\circ). 90,72 \text{ kg} = 87,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{-Arah Y} &= \sin \alpha \cdot P \\ &= \sin (15^\circ). 90,72 \text{ kg} = 23,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

### **d. Beban Angin (qW)**

Berdasarkan perhitungan beban angin atap mengacu pada SNI 1729 : 2013 pasal 26, didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban angin datang (Wdatang)} &= - 64,40 \text{ N/m}^2 \\ &= - 6,56 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

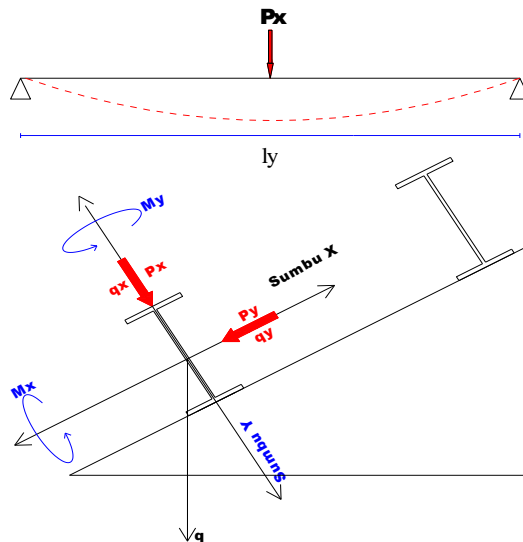
$$\begin{aligned} \text{Beban angin pergi (Wpergi)} &= - 43,14 \text{ N/m}^2 \\ &= - 4,40 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban angin merata (qW)} &= (Wdatang + Wpergi). \cos \alpha \times \\ &\quad \text{Jarak antar gording} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (-6,56 \text{ kg/m}^2 + -4,40 \text{ kg/m}^2) \\
 &\quad \cos 15^\circ \cdot 1,5 \text{ m} \\
 &= -15,88 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

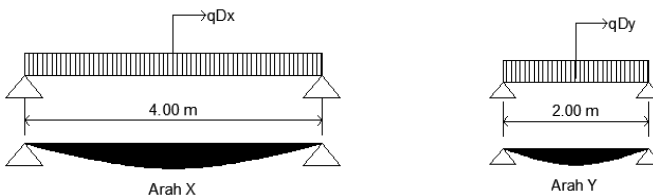
#### 4.3.2 Perhitungan Momen Gording

Untuk memperkecil enditan pada arah x gording, maka dipasang penggantung gording. Pada perhitungan ini direncanakan dipasang penggantung gording sebanyak 1 buah saja. Arah gaya-gaya yang bekerja pada gording dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gaya-gaya yang bekerja pada gording

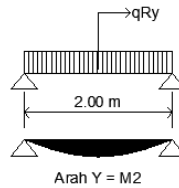
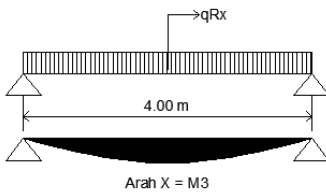
##### a. Momen yang terjadi akibat beban mati (MD) :



$$\begin{aligned}
 MD3 &= 1/8. qD \cos\alpha. (L)^2 \\
 &= 0,125.(6,49 \text{ kg/m}).(4\text{m})^2 \\
 &= 48,47 \text{ kg.m} = 0,476 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MD2 &= 1/8. qD \sin\alpha. (L/2)^2 \\
 &= 0,125.(6,49 \text{ kg/m}).(4\text{m}/2)^2 \\
 &= 3,247 \text{ kg.m} = 0,032 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

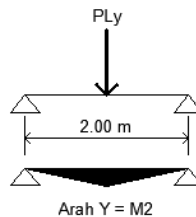
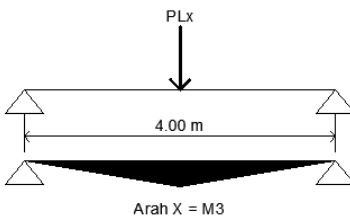
b. Momen yang terjadi akibat beban hidup air hujan (MR) :



$$\begin{aligned}
 MR3 &= 1/8. qR \cos\alpha. (L)^2 \\
 &= 0,125.(186,91 \text{ kg/m}).(4\text{m})^2 \\
 &= 373,80 \text{ kg.m} = 3,667 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MR2 &= 1/8. qD \sin\alpha. (L/2)^2 \\
 &= 0,125.(50,08 \text{ kg/m}).(4\text{m}/2)^2 \\
 &= 25,04 \text{ kg.m} = 0,246 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

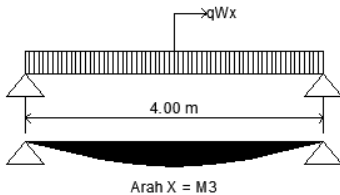
c. Momen yang terjadi akibat beban hidup terpusat (PL) :



$$\begin{aligned}
 MPL3 &= 1.4. PL \cos\alpha. (L)^2 \\
 &= 0,25.(87,63 \text{ kg}).(4\text{m})^2 \\
 &= 87,63 \text{ kg} = 0,860 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MPL2 &= 1/4. PL \sin\alpha. (L/2)^2 \\
 &= 0,25.(23,48 \text{ kg/m}).(4\text{m}/2)^2 \\
 &= 11,74 \text{ kg.m} = 0,115 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

d. Momen yang terjadi akibat beban mati (MW) :



$$\begin{aligned}
 MW3 &= 1/8. qW \cos\alpha. (L)^2 \\
 &= 0,125.(15,88 \text{ kg/m}^2).(4\text{m})^2 \\
 &= 31,77 \text{ kg.m} = 3,238 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Perhitungan Momen Berfaktor Gording

a. Kombinasi beban mati (1,4MD)

$$\begin{aligned}
 Mu &= 1,4MD \\
 &= 1,4. (0,476 \text{ kN.m}) = 0,666 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

b. Kombinasi beban mati + beban hidup (1,2MD + 1,6ML)

$$\begin{aligned}
 Mux &= 1,2MD + 1,6ML \\
 &= 1,2. (0,476 \text{ kN.m}) + 1,6. (3,667 \text{ kN.m}) \\
 &= 6,44 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Muy &= 1,2MD + 1,6ML \\
 &= 1,2. (0,032 \text{ kN.m}) + 1,6. (0,246 \text{ kN.m}) \\
 &= 0,43 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

c. Kombinasi beban mati + beban hidup + beban angin dan beban hidup terbagi rata (1,2MD + 1,6ML atau MR +  $\gamma L.ML$  atau 0,8MW)

$$\begin{aligned}
 \text{d. } M_{ux} &= (1,2M_D + 1,6M_{latauMR} + \gamma L.M_{latau} 0,8M_W) \\
 &= 1,2. (0,476 \text{ kN.m}) + 1,6. (3,667 \text{ kN.m}) + \\
 &\quad 0,8. (3,238 \text{ kN.m}) \\
 &= 9,03 \text{ kN.m (Menentukan)} \\
 M_{uy} &= (1,2M_D + 1,6M_{latauMR} + \gamma L.M_{latau} 0,8M_W) \\
 &= 1,2. (0,032 \text{ kN.m}) + 1,6. (0,246 \text{ kN.m}) + (0,8 \times 0) \\
 &= 0,43 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas telah diketahui bahwa  $M_{ux}$  terbesar = 9,03 kN.m dan  $M_{uy}$  terbesar adalah = 0,43 kN.m. Gording merupakan suatu balok yang menerima beban lentur, menurut SNI 1729 : 2015 pasal F1, tahanan balok terlentur harus memenuhi persyaratan :  $\phi_b M_n > M_u$ .

#### 4.3.4 Perhitungan Struktur Gording

##### 1. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,248</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
---	---

Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2.t_f = 75 \text{ mm} / 2.7 \text{ mm}$   
 $= 5,357 < 10,748$  ( Sayap kompak )
- Badan :



$$\begin{aligned}
 \{d-(2t_f+2r)\}/t_w &= h_w / t_w \\
 &= 124 \text{ mm} / 5 \text{ mm} \\
 &= 24,80 < 28,248 \text{ (Badan kompak)}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan : Profil HY 750.400.16.28 adalah **“Penampang Kompak”**.

## 2. Kontrol Lateral Buckling

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 136,0 \text{ mm}$$

$$h_f = 143,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f \\
 &= 19220 \text{ mm}^3 + 75075 \text{ mm}^3 \\
 &= 94295 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_y &= (h_w \cdot t_w^2 + 2 \cdot t_f \cdot b_f^2) / 4 \\
 &= 20537,5 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Jarak baut pengikat = jarak penahan lateral,  $L_b = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,76 \times 8 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\
 &= 398,24 \text{ mm} = 39,82 \text{ cm} \\
 L_p &> L_b, \text{ Bentang pendek}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 94295 \text{ mm}^3 \cdot (250 \text{ Mpa}) \\
 &= 23573750 \text{ N.mm} = 23,57 \text{ kN.m} \\
 M_{ny} &= 0,5 \cdot Z_y \cdot F_y \\
 &= 0,5 \cdot 20537,5 \text{ mm}^3 (250 \text{ Mpa})
 \end{aligned}$$

$$= 2567187,5 \text{ N.mm} = 2,57 \text{ kN.m}$$

### 3. Kuat Geser Gording ( Dihitung seperti Balok Biasa )

$$R_{dead} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot U \cdot L = 50,182 \text{ kg}$$

$$P = 90,72 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,2(50,182 \text{ kg}) + 1,6(90,72 \text{ kg}) \\ = 205,40 \text{ kg}$$

$$h_w / t_w = 136 \text{ mm} / 5 \text{ mm} \\ = 27,20$$

$$1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,10\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ = 69,57$$

$$1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ = 86,65$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ = 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 680 \text{ mm}^2 \times 1 \\ = 102000 \text{ N} \\ = 102 \text{ kN}$$

$$\phi_v V_n = 0,9 \times 102 \text{ kN} \\ = 91,80 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\phi_v V_n &> V_u \\ 91,80 \text{ kN} &> 2,015 \text{ kN} \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

Keterangan : Geser tidak menentukan karena terjadi jauh di bawah kapasitas geser.

#### 4. Kontrol Ledutan

$$\begin{aligned}\delta_x &= \frac{5.q \cos \alpha.(L)^4}{384.E.I_x} + \frac{P \cos \alpha.(L)^3}{48.E.I_x} \\ &= \frac{5.(0,24N.mm).(4000mm)^4}{384.(200000Mpa).(6660000mm^4)} + \frac{859,67N.(4000mm)^3}{48.(200000Mpa).(6660000mm^4)} \\ &= 1,46 \text{ mm} \\ \delta_y &= \frac{5.q \sin \alpha.(L/2)^4}{384.E.I_y} + \frac{P \sin \alpha.(L/2)^3}{48.E.I_y} \\ &= \frac{5.(0,06N.mm).(4000mm)^4}{384.(200000Mpa).(6660000mm^4)} + \frac{230,349N.(4000mm)^3}{48.(200000Mpa).(6660000mm^4)} \\ &= 1,48 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta &= \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \\ &= \sqrt{(1,46mm)^2 + (1,48mm)^2} \\ &= 1,463 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= L / 180 \text{ mm} \\ &= 4000 \text{ mm} / 190 \\ &= 22,22 \text{ mm} > \delta \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

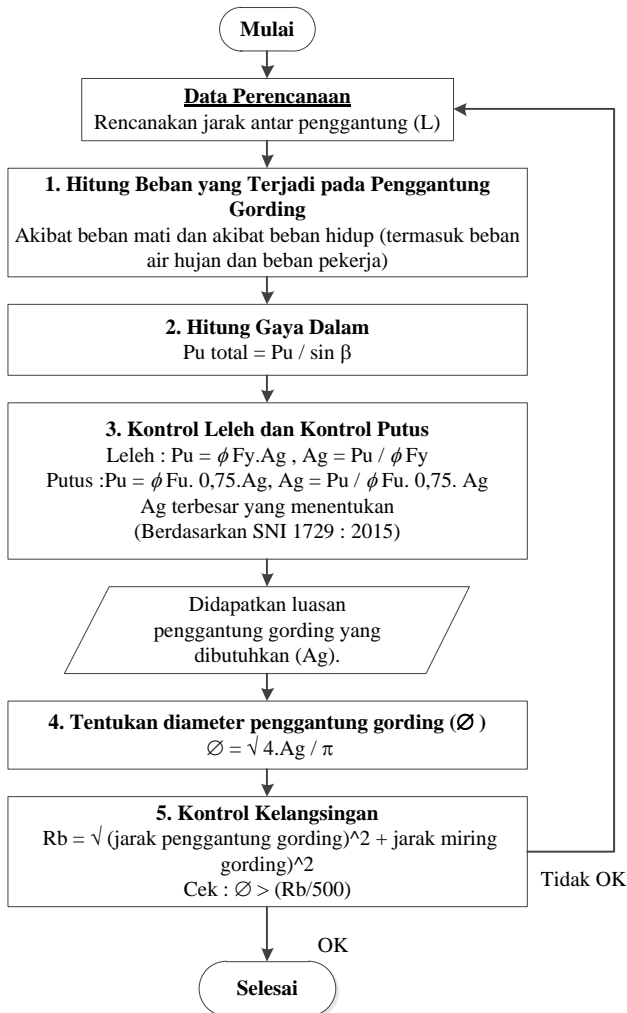
#### 5. Kontrol Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,03kN.m}{0,9.(23,6kN.m)} + \frac{0,43kN.m}{0,9.(2,57kN.m)} \leq 1,0$$

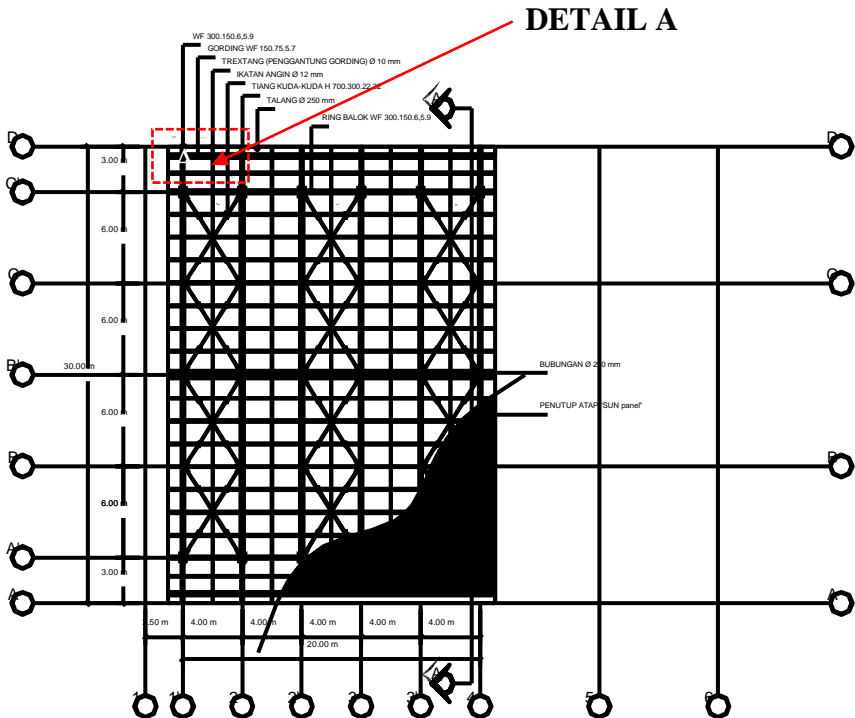
$$0,61 < 1,0 \text{ ( OK Memenuhi)}$$

#### 4.4 Perencanaan Penggantung Gording

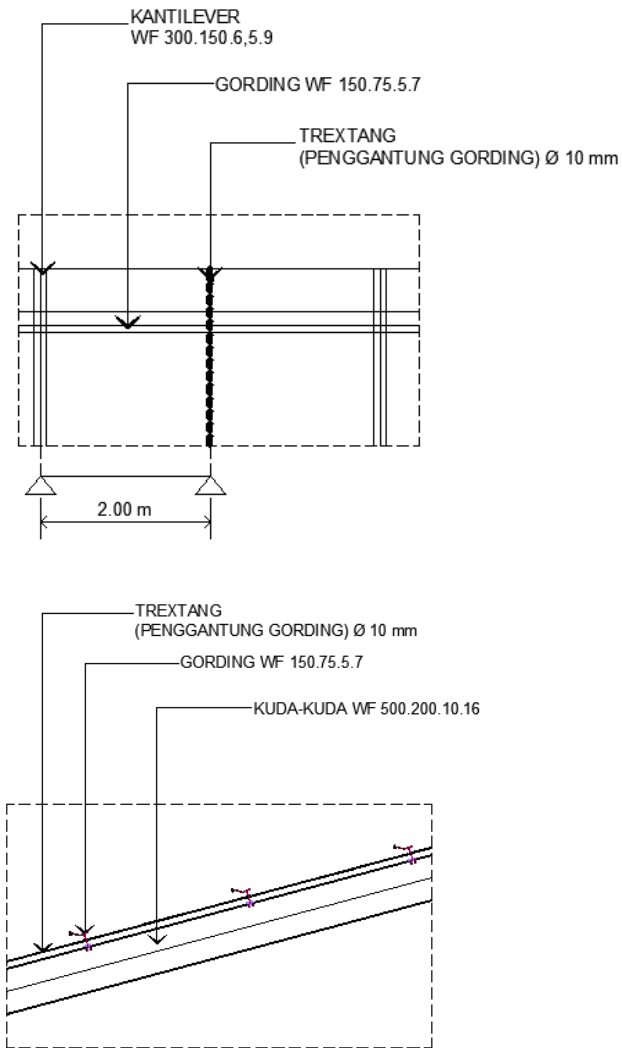


**Gambar 4.2 Diagram Alir Perencanaan Penggantung Gording**

Sumbu lemah pada gording adalah sumbu Y, oleh karena itu arah sumbu Y gording dipasang trekstang (penggantung gording). Dalam perhitungan ini hanya dipakai 1 penggantung gording dengan jarak antar penggantung gording 2,0 m seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.3 Denah Rencana Atap**



**Gambar 4.4    Detail A Rencana Atap**

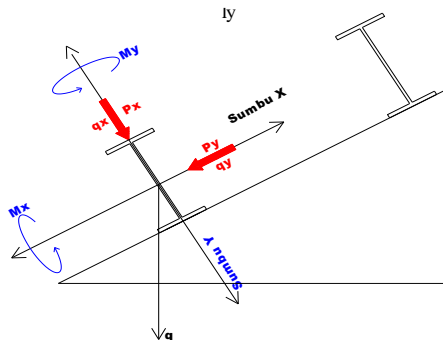
Digunakan penggantung gording bulat :

Jarak kuda – kuda,  $L$  = 4,0 m

Jarak penggantung gording = 2,0 m

Jumlah penggantung gording = 1 buah

Jumlah gording = 11 buah



**Gambar 4.5 Gaya dalam pada penggantung gording (Arah X)**

Beban – beban yang terjadi pada penggantung gording adaah sebagai berikut :

Beban Mati.

Beban mati gording,  $qD = 25,09 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{RDL} &= qD \cdot \sin\alpha \cdot (L/2) \cdot \text{Jumlah gording} \\ &= 6,49 \text{ kg} \cdot (4\text{m} / 2) \cdot 11 \text{ buah} \\ &= 142,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban Hidup.

e. Beban air hujan ( $qR$ ),

$$qR = 193,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{RLL} &= qR \cdot \sin\alpha \cdot (L/2) \cdot \text{Jumlah gording} \\ &= 50,08 \text{ kg} \cdot (4\text{m} / 2) \cdot 11 \text{ buah} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 1101,79 \text{ kg} \\
 \text{f. Beban pekerja (PL),} \\
 \text{PL} &= 90,72 \text{ kg} \\
 \text{Py} &= \text{PL} \cdot \sin \alpha \\
 &= 90,72 \text{ kg} \cdot (\sin 15^\circ) \\
 &= 23,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan beban penggantung gording = 1101,79 kg

Perencanaan gaya dalam :

$$\begin{aligned}
 R_{\text{tot}} &= 1,2RDL + 1,6RLL \\
 &= 1,2 \cdot (142,90 \text{ kg}) + 1,6 \cdot (1101,79 \text{ kg}) \\
 &= 1934,31 \text{ kg} \\
 P_u &= R_{\text{tot}} \\
 &= 1934,31 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya dalam yang diterima penggantung gording terakhir :

$$\begin{aligned}
 \tan \beta &= \text{Jarak miring gording} / (L/2) \\
 &= 1,56 \text{ m} / (4 \text{ m} / 2) \\
 &= 0,78 \\
 \tan \beta &= \arctan (0,78) \\
 &= 37,95^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ total} &= P_u / \sin \beta \\
 &= 1934,31 \text{ kg} / \sin 37,95^\circ \\
 &= 1934,31 \text{ kg} / 0,615 \\
 &= 3145,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Batang Tarik :

Digunakan mutu bahan BJ 41,

$$\begin{aligned}
 F_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol leleh berdasarkan SNI 1729 : 2015,

$$P_u = \phi \cdot A_g \cdot F_y$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= P_u / \phi \cdot F_y \\
 &= 3145,06 \text{ kg} / (0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 1,398 \text{ cm}^2 \text{ ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kontrol putus :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 0,75 \cdot \phi \cdot A_g \cdot F_u \text{ profil} \\
 A_g &= P_u / 0,75 \cdot \phi \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 3145,06 \text{ kg} / (0,75 \times 0,75 \times 41000 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 1,364 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{\frac{4 \cdot A_g}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \cdot (1,398 \text{ cm}^2)}{\pi}} \\
 &= 1,33 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan :

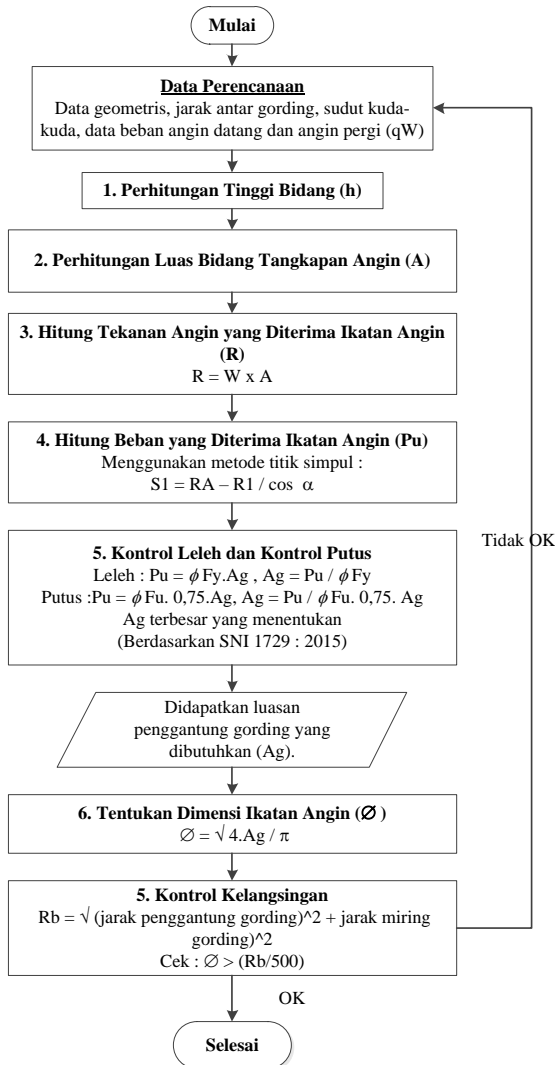
$$\begin{aligned}
 R_b &= \sqrt{(\text{jarak penggantung gording})^2 + (\text{jarak miring gording})^2} \\
 &= \sqrt{(2,0 \text{ m})^2 + (1,56 \text{ m})^2} \\
 &= 2,5365 \text{ m} \\
 &= 253,65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 D &\geq (R_b / 500) \\
 1,0 \text{ cm} &\geq (253,65 \text{ cm} / 500) \\
 1,0 \text{ cm} &> 0,51 \text{ cm} \text{ ( OK )}
 \end{aligned}$$

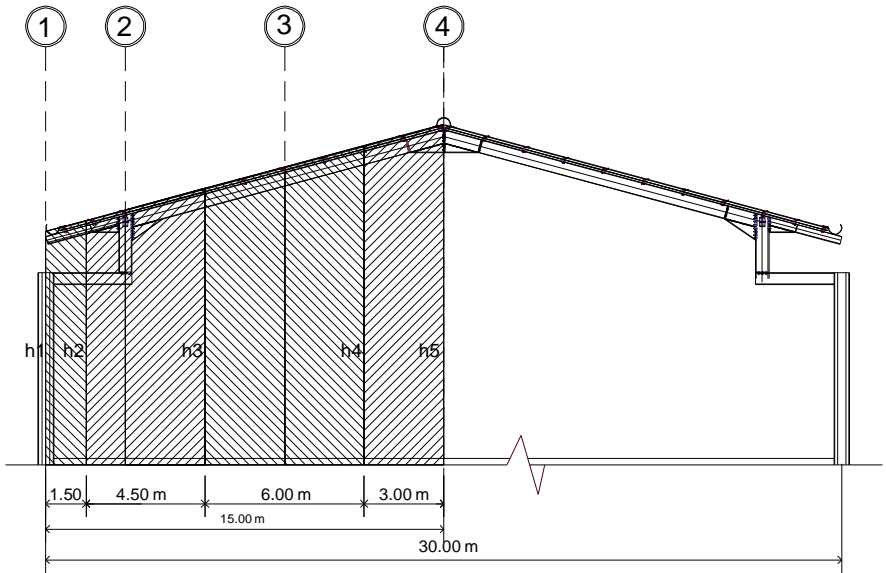
Dari perencanaan diatas, maka besi yang digunakan sebagaipenggantung gording adalah besi polos  $\varnothing$  10 mm.

## 4.5 Perencanaan Ikatan Angin (Trekstang)



**Gambar 4.6 Diagram Alir Perencanaan Ikatan Angin (Trekstang)**

### Bidang Tangkapan Angin pada Dinding (Daerah yang diarsir)



**Gambar 4.7 Luas Tangkapan Angin pada Dinding (yang diarsir)**

Jarak antar gording	= 1,55 m
Sudut, $\alpha$	= $15^\circ$
Beban angin datang ( $q_W$ )	= $-6,56 \text{ kg/m}^2$ (Hisap)
Beban angin datang ( $q_W$ )	= $-4,40 \text{ kg/m}^2$ (Hisap)

Perhitungan tinggi bidang :

$h_1$	= 8,79 m	
$h_2$	= 8,79 m + $1,5 \tan \alpha$	= 8,79 m + (1,5.0,268) = 9,19 m
$h_3$	= 9,19 m + $4,5 \tan \alpha$	= 9,19 m + (4,5.0,268) = 10,40 m
$h_4$	= 10,40 m + $6,0 \tan \alpha$	= 10,40m+(6,0. 0,268) = 12,01 m
$h_5$	= 12,01 m + $3,0 \tan \alpha$	= 12,01m+(1,5. 0,268) = 12,81 m

Luas bidang tangkapan angin :

$$\begin{aligned}
 A1 &= 0,5.(h1+h2). 1,5 \text{ m} = 8,99 \text{ m} . 1,5 \text{ m} = 13,49 \text{ m}^2 \\
 A2 &= 0,5.(h2+h3). 4,5 \text{ m} = 9,79 \text{ m} . 4,5 \text{ m} = 44,08 \text{ m}^2 \\
 A3 &= 0,5.(h3+h4). 6,0 \text{ m} = 11,20 \text{ m} . 6,0 \text{ m} = 67,21 \text{ m}^2 \\
 A4 &= 0,5.(h4+h5). 3,0 \text{ m} = 12,41 \text{ m} . 3,0 \text{ m} = 37,22 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan angin yang diterima trekstang :

$$\begin{aligned}
 R &= W. A \\
 R1 &= 6,56 \text{ kg}. (13,49 \text{ m}^2) = 88,54 \text{ kg} \\
 R2 &= 6,56 \text{ kg}. (44,08 \text{ m}^2) = 289,36 \text{ kg} \\
 R3 &= 6,56 \text{ kg}. (67,21 \text{ m}^2) = 441,22 \text{ kg} \\
 R4 &= 6,56 \text{ kg}. (37,22 \text{ m}^2) = 244,36 \text{ kg} \quad + \\
 \hline
 RA &= 1063,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban ikatan angin :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \arctan (\text{Jarak antar gording} / \text{Jarak antar kuda-kuda}) \\
 &= \arctan (1,55 \text{ m} / 4,0 \text{ m}) \\
 &= 21,15^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 RA &= R1 + S1. \cos \alpha \\
 S1 &= RA - R1 / \cos \alpha \\
 &= (1063,48 \text{ kg} - 88,54 \text{ kg}) / 0,933 \\
 &= 1044,09 \text{ kg (Tarik)}
 \end{aligned}$$

Perencanaan dimensi ikatan angin :

Kombinasi pembebanan menurut SNI 1729 : 2015 adalah 1,2D + 1,0W maka,

$$Pu = S1 = 1044,09 \text{ kg}$$

Digunakan mutu bahan BJ 41,

$$Fy = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fu = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol leleh berdasarkan SNI 1729 : 2015,

$$\begin{aligned}
 Pu &= \phi \cdot Ag \cdot Fy \\
 Ag &= Pu / \phi \cdot Fy \\
 &= 1044,09 \text{ kg} / (0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 0,244 \text{ cm}^2 \text{ ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kontrol putus :

$$\begin{aligned}
 Pu &= 0,75 \cdot \phi \cdot Ag \cdot Fu \text{ profil} \\
 Ag &= Pu / 0,75 \cdot \phi \cdot Fu \text{ profil} \\
 &= 1044,09 \text{ kg} / (0,75 \times 0,75 \times 41000 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 0,453 \text{ cm}^2 \text{ ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= \sqrt{\frac{4 \cdot Ag}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \cdot (0,453 \text{ cm}^2)}{\pi}} \\
 &= 0,76 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan :

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{(\text{jarak antar gording})^2 + (\text{jarak kuda-kuda})^2} \\
 &= \sqrt{(155 \text{ cm})^2 + (400 \text{ mm})^2} \\
 &= 428,98 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

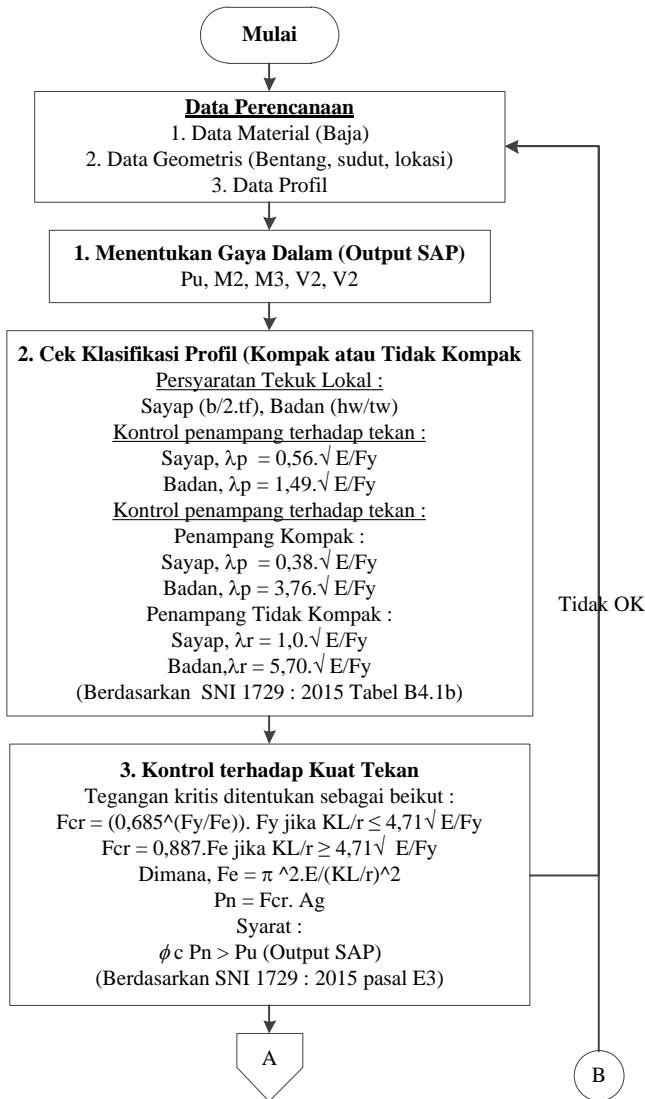
Cek :

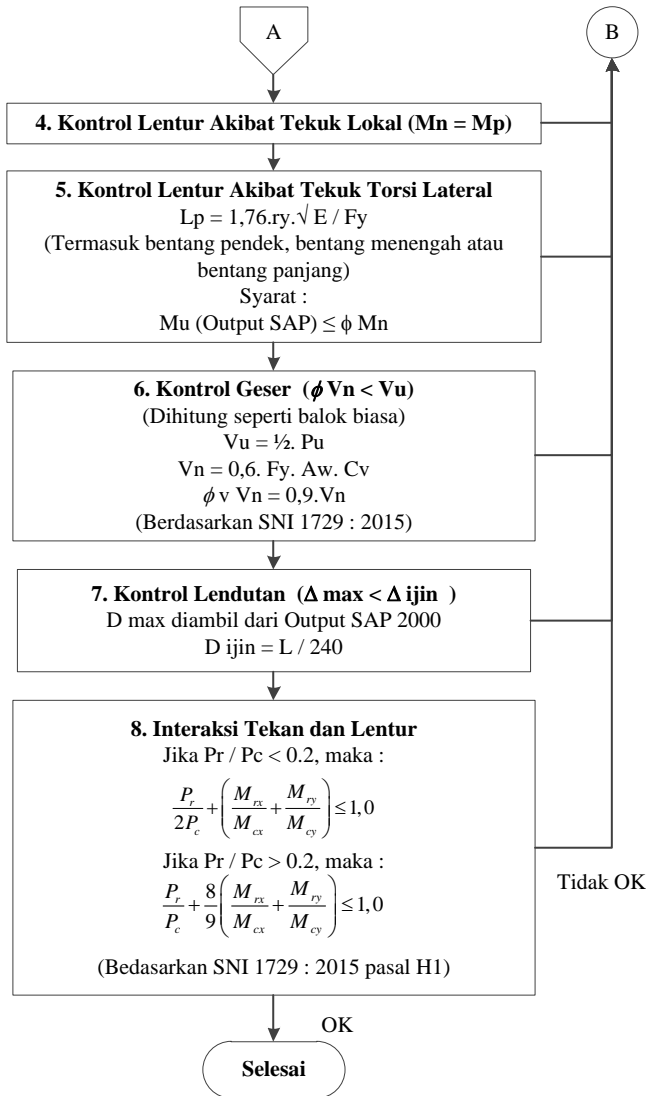
$$\begin{aligned}
 d \text{ mini} &= L / 500 \\
 &= 428,98 \text{ cm} / 500 \\
 &= 0,86 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L/d &\geq 500 \\
 428,98 \text{ cm} / 1 \text{ cm} &\geq 500 \\
 428,98 &> 500 \text{ ( OK )}
 \end{aligned}$$

Dari perencanaan diatas, maka besi yang digunakan sebagai ikatan angin adalah besi polos  $\varnothing$  10 mm.

## 4.6 Perencanaan Kuda-Kuda





**Gambar 4.8 Diagram Alir Perencanaan Kuda-kuda dan Tiang Kuda-kuda**





## b. Data Material

BAJA			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	410	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	250	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>

## c. Data Profil

WF 500.200.10.16											
W	=	89,65	kg/m	r	=	20	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	114,2	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	47800	cm <sup>4</sup>		=	440	mm
h	=	500	mm	I <sub>y</sub>	=	2140	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	200	mm	i <sub>x</sub>	=	20,46	cm		=	4680	mm <sup>2</sup>
tw	=	10	mm	i <sub>y</sub>	=	4,33	cm	bf/2	=	6,25	
tf	=	16	mm	S <sub>x</sub>	=	1912	cm <sup>3</sup>				

o **Gaya Dalam**

Dari analisa menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum pada elemen frame 2052 akibat kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6R + 0,5Wy sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 15522,40 \text{ kg} &= 152,27 \text{ kN} \\
 M_2 = M_y &= -1118,32 \text{ kg.m} &= -10,97 \text{ kN.m} \\
 M_3 = M_x &= -15684,33 \text{ kg.m} &= -153,86 \\
 V_2 = V_y &= 5027,10 \text{ kg} &= 49,32 \text{ kN} \\
 V_3 = V_x &= -731,98 \text{ kg} &= -7,18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal**

-Kontrol terhadap tekan,

<p>○ Syarat sayap</p> $\lambda_p = 0,56 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 15,839$	<p>○ Syarat badan</p> $\lambda_r = 1,49 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 1,49 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 42,144$
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :
- $$b_f / 2 \cdot t_f = 200 \text{ mm} / 2.16 \text{ mm}$$
- $$= 6,25 < 15,839 \text{ ( Sayap kompak )}$$
- Badan :
- $$\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$$
- $$= 440,00 \text{ mm} / 10 \text{ mm}$$
- $$= 44,000 > 42,144$$
- ( Badan tidak kompak )**

Kesimpulan : Profil WF 500x200x10x16 adalah **“Penampang Tidak Kompak”**.

-Persyaratan terhadap lentur,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 10,748$ <p>Badan,</p> $\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 106,349$	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 28,284$ <p>Badan,</p> $\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 161,220$
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :

$$\begin{aligned} bf / 2.t_f &= 200 \text{ mm} / 2.16 \text{ mm} \\ &= 6,25 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )} \end{aligned}$$

- Badan :

$$\begin{aligned} \{d-(2t_f+2r)\}/t_w &= h_w / t_w \\ &= 440,00 \text{ mm} / 10 \text{ mm} \\ &= 44,000 < 106,349 \\ &\text{( Badan kompak )} \end{aligned}$$

Kesimpulan : Profil WF 500x200x10x16 adalah **“Penampang Kompak”**.

- **Kekuatan Tekan Kolom Komposit (Pn)**

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{i_x}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{\left(\frac{1 \cdot (12267 \text{ mm})}{204,6 \text{ mm}}\right)^2} = 548,56 \text{ Mpa}$$

Tegangan kritis Fcr, ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\ &= 133,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KL/r &= 1 \cdot (12267 \text{ mm}) / 20 \text{ mm} \\ &= 613,35 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,887 \cdot F_e \\ &= 0,887 \cdot (548,56) \\ &= 486,57 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 486,57 \text{ N.mm}^2 \cdot (11420 \text{ mm}^2) \\ &= 5556656,41 \text{ N} \\ &= 5556,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c P_n &= 0,9 \cdot P_n \\
 &= 0,9 \cdot (5556,66 \text{ kN}) \\
 &= 5000,99 \text{ kN} > (P_u = 152,27 \text{ kN}) \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol Lentur Akibat Tekuk Lokal ( $M_n = M_p$ )**

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 468,00 \text{ mm}$$

$$h_f = 484,0 \text{ mm}$$

$$Z_x = 547560 \text{ mm}^3 + 1548800,000 \text{ mm}^3$$

$$= 2096360,000 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_p = 250 \text{ Mpa} \times 2096360,000 \text{ mm}^3$$

$$= 524090000 \text{ N.mm}$$

$$= 524,09 \text{ kN.m} > (170,96 / 0,9 = 1908,41 \text{ kN.m})$$

( **Memenuhi** )

$$M_u = 0,9 \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 524,09 \text{ kN.m}$$

$$= 471,681 \text{ kN.m} > 153,86 \text{ kN.m}$$

( **Memenuhi** )

Atau,

$$F_K = M_u / (M_u \text{ output SAP})$$

$$= 471,681 \text{ kN.m} / 153,863 \text{ kN.m}$$

$$= 3,07 > 1 \text{ ( Memenuhi )}$$

○ **Kontrol Lentur Akibat Tekuk Torsi Lateral**

$$L_b = 12,3 \text{ m} = 12267 \text{ mm (jarak antar shear connector)}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,76 \times 20 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\
 &= 995,606 \text{ mm} = 0,996 \text{ m} \\
 r_t &= \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{400 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 500 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}}{6 \times 200 \times 16 \text{ mm}} \right)}} = 23,1714 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b \cdot tf^3 + (h - tf) \cdot tw^3}{3} = \frac{2b \times 16^3 + (500 - 16) \cdot 10^3}{3} = 707466,667$$

$$\begin{aligned}
 h_o &= h - 2 \cdot tf \\
 &= 500 \text{ mm} - 2 \times 16 \text{ mm} \\
 &= 468,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_x \cdot h_o &= 1912 \text{ mm}^3 \times 468,00 \text{ mm} \\
 &= 894816 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 23,17137785 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 250} \times$$

$$\sqrt{\frac{707466,667}{894816} + \left( \frac{707466,667}{894816} \right)^2 + 6,8 \left( \frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2}$$

$$= 64935,171 \text{ mm}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $5081,51 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Dari perhitungan gaya dalam menggunakan program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1,2DL + 1,6R + 0,6 Wy$ , didapatkan nilai sebagai berikut :

$$M_A = 166,30 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 109,69 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 58,79 \text{ kN.m}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

$$C_b = \frac{12,5x(166,30)}{(2,5x166,300) + (3x166,30) + (4x109,690) + (3x58,79)}$$

$$C_b = 1,359$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1,359 \frac{1,136x3,14^2 x 200000}{\left(\frac{12267}{23,17137785}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{707466,667}{894816} \left(\frac{12267}{23,17138}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1256,96$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \\
 &= 524,09 \text{ kN.m} \\
 \phi M_n &= 0,9 \times 4105,31 \text{ kN.m} \\
 &= 471,681 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}
 \text{Mu (output SAP)} &\leq \phi M_n \\
 153,86 \text{ kN.m} &\leq 472 \text{ kN.m (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Demand capacity ratio (R),

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{3694,78 \text{ kN.m}}{1717,57 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,326 < \text{Max}(0,8) \\
 &\text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol Geser**

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ (Output SAP)} &= 49315,851 \text{ N} \\
 h_w / t_w &= 440 \text{ mm} / 10 \text{ mm} \\
 &= 44,000 \\
 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1 \sqrt{(5 \times 200000 \text{ Mpa}) / (250 \text{ Mpa})} \\
 &= 69,57 \\
 1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37 \sqrt{(5 \times 200000 \text{ Mpa}) / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 86,646
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :



Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 4680 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$= 702000 \text{ N}$$

$$\phi_v V_n = 0,9 \times 702000 \text{ N}$$

$$= 631800,00 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

$$631800,00 \text{ N} > 49315,851 \text{ N} \quad (\text{OK Memenuhi})$$

○ **Kontrol lendutan**

$$\delta_{\max} = 1,0 \text{ mm (Output SAP 2000 v.14)}$$

$$\delta_{\text{ijin}} = L/240$$

$$= 12267 \text{ mm} / 240$$

$$= 51,113 \text{ mm}$$

Syarat,

$$\delta_{\max} < \delta_{\text{ijin}}$$

$$17,00 \text{ mm} < 51,113 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Keterangan : untuk kontrol lendutan menggunakan beban tidak terfaktor.

○ **Interaksi Tekan dan Lentur**

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{152,27kN}{5000,99kN} = 0,0304 > 0,2 \text{ (Dominan Momen Lentur)}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{152,27kN.m}{2 \times 5000,99kN.m} + \left( \frac{10,97kN.m}{524,09kN.m} + \frac{153,86kN.m}{524,09kN.m} \right) = 0,33 < 1,0 \text{ (OK)}$$

#### 4.7 Perencanaan Tiang Kuda – Kuda (HY 500x300x16x25)

##### 1. Data Perencanaan

###### a. Data Geometris

Panjang kuda-kuda, L = 1226,7 cm

$\alpha$  = 15°

$\sin \alpha$  = 0,259

$\cos \alpha$  = 0,966

Mutu Baja:

BJ = BJ 41

Fy = 2500 kg/cm<sup>2</sup>

Fu = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

###### b. Data Material

BAJA			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, fy	=	410	Mpa
Tegangan putus minimum, fu	=	250	Mpa
fr	=	70	Mpa
Modulus elastisitas (Es)	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>

## c. Data Profil

HY 500x300x16x25									
W	=	175	kg/m	r	=	13	mm	hw	= d-2.(tf+tr)
A	=	223	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	97600	cm <sup>4</sup>		= 442 mm
h	=	500	mm	I <sub>y</sub>	=	11300	cm <sup>4</sup>	Aw	= (d-2.tf).tw
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	209	cm		= 7200 mm <sup>2</sup>
tw	=	16	mm	i <sub>y</sub>	=	710	cm	bf/2	= 6
tf	=	25	mm	Z <sub>x</sub>	=	4400	cm <sup>3</sup>		

## 2. Gaya Dalam

Dari analisa menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum pada elemen frame 2052 akibat kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6R + 0,5Wy sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= -19165,76 \text{ kg} & &= -188,02 \text{ kN} \\
 M_2 = M_y &= -473,92 \text{ kg.m} & &= -4,65 \text{ kN.m} \\
 M_3 = M_x &= -34681,35 \text{ kg.m} & &= -340,2 \\
 V_2 = V_y &= 16767,85 \text{ kg} & &= 164,49 \text{ kN} \\
 V_3 = V_x &= 264,38 \text{ kg} & &= 2,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 3. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

-Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda_p = 0,56 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 15,839</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda_r = 1,49 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,49 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 42,144</math> </li> </ul>
---	---

-Kontrol penampang,

$$\begin{aligned}
 \text{○ Sayap :} \\
 bf / 2 \cdot tf &= 300 \text{ mm} / 2 \cdot 25 \text{ mm} \\
 &= 6,00 = hw / tw
 \end{aligned}$$

Badan,

$$= 442,00 \text{ mm} / 16 \text{ mm}$$

$$= 27,625 > 42,144$$

( **Badan tidak kompak** )

Kesimpulan : Profil KC 700x300x13x24 adalah “**Penampang Tidak Kompak**”.

-Persyaratan terhadap lentur,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 10,748$ <p>Badan,</p> $\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 106,349$	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 28,284$ <p>Badan,</p> $\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 161,220$
---	---

-Kontrol penampang,

○ Sayap :

$$b_f / 2.t_f = 300 \text{ mm} / 2.25 \text{ mm}$$

$$= 6,00 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$

○ Badan :

$$\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$$

$$= 442,00 \text{ mm} / 16 \text{ mm}$$

$$= 27,625 < 106,349$$

( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil KC 700x300x13x24 adalah “**Penampang Kompak**”.

#### 4. Kekuatan Tekan Kolom Komposit (Pn)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{ix}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{\left(\frac{1 \cdot (2137 \text{ mm})}{2090 \text{ mm}}\right)^2} = 188,61 \text{ Mpa}$$

Tegangan kritis  $F_{cr}$ , ditentukan sebagai berikut :

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} = 133,22$$

$$\begin{aligned} KL/r &= 1 \cdot (2137 \text{ mm}) / 13 \text{ mm} \\ &= 164,3846154 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,887 \cdot F_e \\ &= 0,887 \cdot (188,61) \\ &= 167,30 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\ &= 167,30 \text{ N.mm}^2 \cdot (22340 \text{ mm}^2) \\ &= 3737486,29 \text{ N} \\ &= 3737,49 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &= 0,9 \cdot P_n \\ &= 0,9 \cdot (3737,49 \text{ kN}) \\ &= 3363,74 \text{ kN} > (P_u = 188,02 \text{ kN}) \\ &\text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

## 5. Kontrol Lentur Akibat Tekuk Lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$\begin{aligned} h_w &= d - 2 \cdot t_f \\ &= 450,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_f = 475,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= 810000\text{mm}^3 + 3562500,000\text{mm}^3 \\ &= 4372500,000\text{mm}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 4372500,000\text{mm}^3 \\ &= 1093125000\text{N.mm} \\ &= 1093,13\text{kN.m} > (170,96/0,9 = 1908,41 \text{ kN.m}) \end{aligned}$$

( **Memenuhi** )

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9. M_n \\ &= 0,9 \times 524,09\text{kN.m} \\ &= 471,681 \text{ kN.m} > 378,03 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

( **Memenuhi** )

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (M_u \text{ output SAP}) \\ &= 983,813 \text{ kN.m} / 340,224\text{kN.m} \\ &= 2,89 > 1 \text{ ( **Memenuhi** )} \end{aligned}$$

## 6. Kontrol Lentur Akibat Tekuk Torsi Lateral

Lb = 2,1 m = 2137mm (jarak antar shear connector)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76.r_y. \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 13\text{mm} \times \sqrt{\frac{200000\text{Mpa}}{250\text{Mpa}}} \\ &= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m} \\ r_t &= \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1.h.tw}{6.bf.tf} \right)}} = \frac{400\text{mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 500\text{mm} \times 200\text{mm}}{6 \times 200 \times 16\text{mm}} \right)}} = 23,1714\text{mm} \end{aligned}$$

Untuk profil I simetris ganda : c = 1 (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$L_r = 1,95.r_t. \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2} + 6,76 \left( \frac{0,7.F_y}{E} \right)^2$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b.tf^3 + (h - tf).tw^3}{3} = \frac{2bx16^3 + (500 - 16).10^3}{3} = 707466,667$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2.tf \\ &= 500 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm} \\ &= 450,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x.h_o &= 4400 \text{ mm}^3 \times 450,00 \text{ mm} \\ &= 1980000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 41,60251472 \cdot \frac{200000}{0,7.250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{3773533,333}{1980000} + \left(\frac{3773533,333}{1980000}\right)^2} + 6,8 \left(\frac{0,7.250}{200000}\right)^2 \\ &= 181010,062 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $5081,51 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

○ Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Dari perhitungan gaya dalam menggunakan program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan  $1,2DL + 1,6R + 0,6 Wy$ , didapatkan nilai sebagai berikut :

$$M_A = 197,47 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 9902,14 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 19588,68 \text{ kN.m}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

$$Cb = \frac{12,5x(192,16)}{(2,5x192,165) + (3x1,94) + (4x97,140) + (3x192,16)}$$

$$Cb = 1,359$$

$$Fcr = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$Fcr = 1,655 \frac{1,136x3,14^2 x 200000}{\left(\frac{2137}{41,60251472}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{3773533,333}{1980000} \left(\frac{2137}{41,60251}\right)^2}$$

$$Fcr = 1256,96$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$M_n = M_p$$

$$= 1093,13 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times \text{kN.m}$$

$$= 983,813 \text{ kN.m}$$

Syarat,

$$Mu \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$$

$$340,22 \text{ kN.m} \leq 983,8125 \text{ kN.m ( Memenuhi )}$$

Demand capacity ratio (R),



$$\begin{aligned}
 R &= \frac{3694,78 \text{ kN.m}}{1717,57 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,346 < \text{Max}(0,8) \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

## 7. Kontrol Geser

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ (Output SAP)} &= 164492,609 \text{ N} \\
 h_w / t_w &= 442 \text{ mm} / 16 \text{ mm} \\
 &= 27,625 \\
 1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1\sqrt{(5 \times 200000 \text{ Mpa}) / (250 \text{ Mpa})} \\
 &= 69,57 \\
 1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 86,646
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

	Persamaan	Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
( iii )	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 7200 \text{ mm}^2 \times 1 \\
 &= 1080000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 1080000 \text{ N} \\
 &= 631800,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

$$972000,00 \text{ N} > 164492,609 \text{ N ( OK Memenuhi )}$$

### 8. Kontrol lendutan

$$\delta_{\max} = 0,001 \text{ mm (Output SAP 2000 v.14)}$$

$$\delta_{\text{ijin}} = L/240$$

$$= 2137 \text{ mm} / 240$$

$$= 8,904 \text{ mm}$$

Syarat,

$$\delta_{\max} < \delta_{\text{ijin}}$$

$$1,900 \text{ mm} < 8,904 \text{ mm ( Memenuhi )}$$

Keterangan : untuk kontrol lendutan menggunakan beban tidak terfaktor.

### 9. Interaksi Tekan dan Lentur

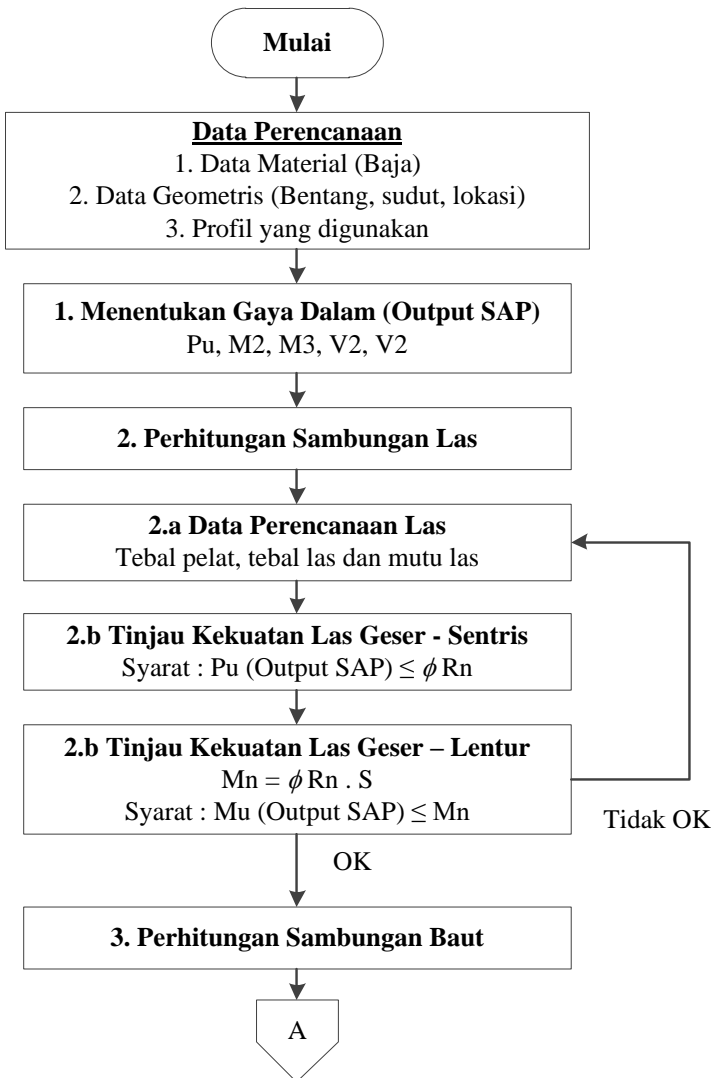
$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{152,27 \text{ kN}}{5000,99 \text{ kN}} = 0,0304 > 0,2 \text{ (Dominan Momen Lentur)}$$

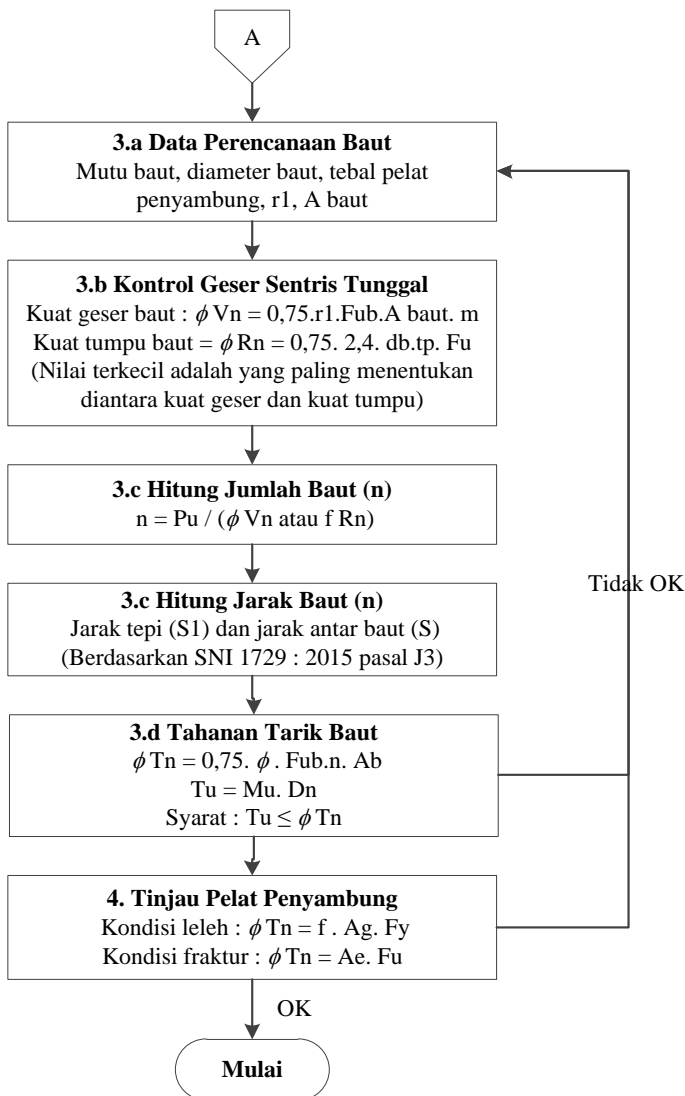
$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{188,02 \text{ kN.m}}{2 \times 3363,74 \text{ kN.m}} + \left( \frac{340,22 \text{ kN.m}}{1093,13 \text{ kN.m}} + \frac{4,65 \text{ kN.m}}{1093,13 \text{ kN.m}} \right) =$$

$$0,34 < 1,0 \text{ (OK)}$$

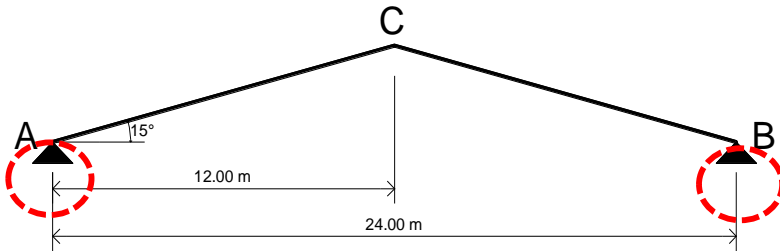
#### 4.8 Sambungan Kuda – Kuda





**Gambar 4.10 Diagram Alir Perencanaan Sambungan Kuda-Kuda**

#### 4.8.1 Sambungan Kuda – Kuda di Titik A & B



Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,  
Kuda – kuda : WF 500x200x16x25

Data perencanaan :

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\sin \alpha = 0,259$$

$$\cos \alpha = 0,966$$

Mutu baja :

BJ 41

$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Gaya dalam berdasarkan Output SAP 2000 v.14 elemen frame 2052 sebagai berikut :

$$P_u = 15522,40 \text{ kg}$$

$$M_2 = - 1118,32 \text{ kg.m}$$

$$M_3 = - 15684,33 \text{ kg.m}$$

$$V_2 = 5027,10 \text{ kg}$$

$$V_3 = - 731,98 \text{ kg}$$

Gaya – gaya yang diterima sambungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{uH} &= V_u \cdot \sin \alpha - P_u \cdot \cos \alpha \\ &= (5027,10 \text{ kg} \cdot 0,259) + (15522,40 \text{ kg} \cdot 0,966) \\ &= 13692,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{uV} = P_u \cdot \sin \alpha - V_u \cdot \cos \alpha$$

$$= (15522,40 \text{ kg} \cdot 0,259) + (5027,10 \text{ kg} \cdot 0,966)$$

$$= 8873,30 \text{ kg}$$

$$\text{Mu} = 15684,33 \text{ kg}$$

**a. Sambungan Las Kuda – Kuda di Titik A & B**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan las minimum, } a &= 5 \text{ mm} \\ \text{Tebal las rencana, } w &= 10 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif las sudut, } t_e &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\ &= 3,535 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

Menghitung panjang las total,

$$\begin{aligned} \text{Lwe} &= (2 \times 970 \text{ mm}) + (4 \times 190 \text{ mm}) \\ &= 2700 \text{ mm} \\ &= 270 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Awe} &= (0,707 \times w) \cdot \text{Lwe} \\ &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 270 \text{ cm} \\ &= 190,89 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fnw} &= 0,6 \cdot \text{Fexx} (1,0 + 0,5 \sin(^{\circ}1,5)) \\ &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin(^{\circ}1,5)) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

Ditinjau berdasarkan bahan las,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot \text{Fnw} \cdot \text{Awe} \\ &= 0,75 \cdot 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \cdot 190,89 \text{ cm}^2 \\ &= 604138,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ditinjau berdasarkan bahan dasar,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil. Lwe} \\
 &= 0,75 \cdot 3,535 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \cdot 270 \text{ cm} \\
 &= 176096,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang menentukan adalah berdasarkan “Bahan Dasar” = 176096,03 kg.

Syarat :

$$\begin{aligned}
 P_u &\leq \phi R_n \\
 13692,38 \text{ kg} &< 176096,03 \text{ kg} \quad (\text{OK Memenuhi})
 \end{aligned}$$

○ **Tinjau kekuatan las geser - lentur :**

$$\begin{aligned}
 S &= b \cdot d + (d^2)/3 \\
 &= (190 \text{ mm} \cdot 970 \text{ mm}) + (970 \text{ mm}^2)/3 \\
 &= 497933,33 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,498 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Modulus penampang las WF,

Ditinjau berdasarkan bahan las,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \\
 &= 0,75 \cdot 0,354 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot (100 \cdot 70,33 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 1118,77 \text{ kg/cm} \\
 &= 111877,45 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Ditinjau berdasarkan bahan dasar,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \cdot 0,707 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 1304,42 \text{ kg/cm} \\
 &= 130442 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Maka hasil yang menentukan adalah berdasarkan “Bahan Las” = 111877,45 kg/m

$$\begin{aligned}
 M_n &= \phi R_n \cdot S \\
 &= 111877,45 \text{ kg/m} \cdot 0,498 \text{ m}^2 \\
 &= 55707,51 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ll} \mu & \leq M_n \\ 15684,33 \text{ kg} & < 55707,51 \text{ kg.m ( OK Memenuhi )} \end{array}$$

### b. Sambungan Baut

#### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,7 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 12 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \phi &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

#### ○ Geser sentris tunggal :

Kontrol sambungan pada kuda – kuda, cek tahanan 1 baut

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 5989,08 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14169,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut,

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot \phi \cdot F_u \cdot A_b$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,75 \cdot 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \\
 &= 8983,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 5989,08 kg.

- Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{Pu}{\phi \cdot Rn} = \frac{13692,38 \text{ kg}}{5989,08 \text{ kg}} = 2,29 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah dalam 2 baris}$$

(Digunakan 8 baut tiap baris, dalam 2 baris)

- Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 115 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Geser Lentur :

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot T_n &= 0,75 \cdot \phi \cdot F_u \cdot b \cdot n \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \cdot (16) \cdot 2,01 \text{ cm}^2 \\
 &= 143737,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Direncanakan :

Coba pasang 4 baut tiap baris, hanya pada sambungan kuda-kuda, tidak pada voute.

Asumsi gaya tarik pada baut teratas :

$$\begin{aligned}
 \Sigma d_n^2 &= d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 \\
 &= (115 \text{ mm})^2 + (115 \text{ mm})^2 + (115 \text{ mm})^2 \\
 &= 39675 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,0397 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Tu &= Mu \cdot dn / \Sigma dn^2 \\
 &= (15684,33 \text{ kg} \cdot 0,115 \text{ m}) / 0,0397 \text{ m}^2 \\
 &= 45461,83 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 Tu &\leq \phi Tn \\
 45461,83 \text{ kg} &< 143737,9 \text{ kg} \\
 &\text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Tinaju Pelat:**

a. Kondisi leleh

$$\begin{aligned}
 \phi Tn &= \phi Ag \cdot Fy \\
 &= 0,90 \cdot ((11,5 \text{ cm} \cdot 3) \times 1,2 \text{ cm}) \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 93150 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Kondisi fraktur

Kondisi fraktur 1 :

Arah sobekan pada kondisi fraktur 1,

$$\begin{aligned}
 An &= Ag - ndt \\
 &= (345 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}) - 2 \cdot (16 \text{ mm} + 2 \text{ mm}) \cdot 10 \text{ mm} \\
 &= 3780 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 An &\leq 0,85 \cdot Ag \\
 3780 \text{ mm}^2 &> 3519 \text{ mm}^2 \text{ ( Tidak Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $An = 3519 \text{ mm}^2$ .

$$U = 0,75$$

$$\begin{aligned}
 Ae &= U \cdot An \\
 &= 0,75 \cdot 3519 \text{ mm}^2 \\
 &= 2639,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Tn &= \phi Ag \cdot Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \cdot (26,39 \text{ cm}^2) \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 81156,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kondisi fraktur 2:

Arah sobekan pada kondisi fraktur 1,

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - n d t + \Sigma((S^2 \cdot t_p)/4u) \\ &= (345 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm}) - 2 \cdot (16 \text{ mm} + 2 \text{ mm}) \cdot 10 \text{ mm} + \\ &\quad ((100^2 \times 12 \text{ mm})/(4 \cdot 115 \text{ mm})) \\ &= 4041 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_n &\leq 0,85 \cdot A_g \\ 4041 \text{ mm}^2 &> 3519 \text{ mm}^2 \text{ ( Tidak Memenuhi )} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $A_n = 3519 \text{ mm}^2$ .

$$U = 0,75$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0,75 \cdot 3519 \text{ mm}^2 \\ &= 2639,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot T_n &= \phi \cdot A_g \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \cdot (26,39 \text{ cm}^2) \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 81156,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

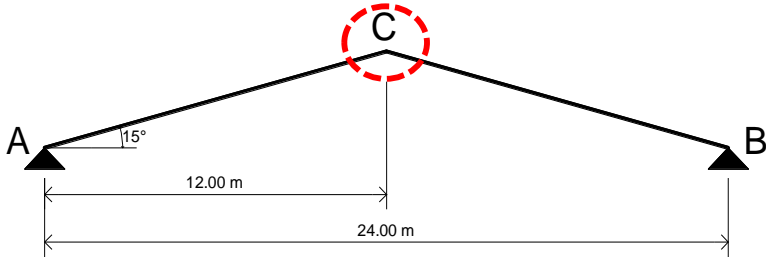
Tahanan fraktur yang terjadi sama-sama menentukan, Maka:

$$\phi \cdot T_n = 81156,94 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} P_u &\leq \phi \cdot T_n \\ 13692,38 \text{ kg} &< 81156,94 \text{ kg ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

#### 4.8.2 Sambungan Kuda – Kuda di Titik C



Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,  
Kuda – kuda : WF 500x200x16x25

Data perencanaan :

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\sin \alpha = 0,259$$

$$\cos \alpha = 0,966$$

Mutu baja :

BJ 41

$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Gaya dalam berdasarkan Output SAP 2000 v.14 elemen frame 2052 sebagai berikut :

$$P_u = 13755,85 \text{ kg}$$

$$M_2 = - 1118,32 \text{ kg.m}$$

$$M_3 = - 1342,24 \text{ kg.m}$$

$$V_2 = - 2780,05 \text{ kg}$$

$$V_3 = - 731,98 \text{ kg}$$

Gaya – gaya yang diterima sambungan adalah sebagai berikut :

$$P_{uH} = V_u \cdot \sin \alpha - P_u \cdot \cos \alpha$$

$$= (2780,05 \text{ kg} \cdot 0,259) + (13755,85 \text{ kg} \cdot 0,966)$$

$$= 12567,60 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 PuV &= Pu. \sin\alpha - Vu. \cos\alpha \\
 &= (13755,85 \text{ kg. } 0,259) + (2780,05 \text{ kg. } 0,966) \\
 &= 6245,60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$Mu = 1342,24 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan Las Kuda – Kuda di Titik C

##### ○ Data perencanaan las :

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Ketebalan las minimum, } a &= 5 \text{ mm} \\
 \text{Tebal las rencana, } w &= 8 \text{ mm} \\
 \text{Tebal efektif las sudut, } te &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\
 &= 3,535 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

##### ○ Tinjau kekuatan las :

Menghitung panjang las total,

$$\begin{aligned}
 Lwe &= (2 \times 819 \text{ mm}) + (4 \times 190 \text{ mm}) \\
 &= 2398 \text{ mm} \\
 &= 239,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Awe &= (0,707 \times w). Lwe \\
 &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}). 239,8 \text{ cm} \\
 &= 135,63 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Fnw &= 0,6. Fexx(1,0 + 0,5\sin(^{1,5})^\circ) \\
 &= 0,6. (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + \\
 &0,5\sin(^{1,5})^\circ) \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

Ditinjau berdasarkan bahan las,

$$\begin{aligned}
 \phi Rn &= 0,75. Fnw. Awe \\
 &= 0,75. 4219,8 \text{ kg/cm}^2. 135,63 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 429251,39 \text{ kg}$$

Ditinjau berdasarkan bahan dasar,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil. Lwe} \\ &= 0,75 \cdot 3,535 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \cdot 239,8 \text{ cm} \\ &= 156399,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka hasil yang menentukan adalah berdasarkan “Bahan Dasar” = 156399,36 kg.

Syarat :

$$\begin{aligned}P_u &\leq \phi R_n \\ 12567,60 \text{ kg} &< 156399,36 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

○ **Tinjau kekuatan las geser - lentur :**

$$\begin{aligned}S &= b \cdot d + (d^2)/3 \\ &= (190 \text{ mm} \cdot 819 \text{ mm}) + (819 \text{ mm}^2)/3 \\ &= 37197 \text{ mm}^2 \\ &= 0,379 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Modulus penampang las WF,

Ditinjaua berdasarkan bahan las,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_{exx} \\ &= 0,75 \cdot 3,535 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot (100 \cdot 70,33 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 1118,77 \text{ kg/cm} \\ &= 111877,45 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Ditinjau berdasarkan bahan dasar,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \cdot 3,535 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 652,2075 \text{ kg/cm} \\ &= 65220,75 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Maka hasil yang menentukan adalah berdasarkan “Bahan Dasar” = 65220,75 kg/m

$$\begin{aligned}M_n &= \phi R_n \cdot S \\ &= 65220,75 \text{ kg/m} \cdot 0,379 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$= 24731,51 \text{ kg.m}$$

Syarat :

$$Mu \leq Mn$$

$$1342,24 \text{ kg.m} < 24731,51 \text{ kg.m ( OK Memenuhi )}$$

## b. Sambungan Baut

### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,7 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } tp = 12 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

### ○ Geser sentris tunggal :

Kontrol sambungan pada kuda – kuda, cek tahanan 1 baut

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi Vn &= 0,75 \cdot r1 \cdot Fu \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 5989,08 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi Rn &= 0,75 \cdot 2 \cdot db \cdot tp \cdot Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14169,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75. \phi.Fub. Ab \\ &= 0,75 \times 0,75. 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 8983,62 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 5989,08 kg.

- Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{Pu}{\phi.Rn} = \frac{12567,60 \text{ kg}}{5989,08 \text{ kg}} = 2,10 \text{ buah} \sim 12 \text{ buah}$$

(Digunakan 6 baut tiap baris, dalam 2 baris)

- Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 115 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Geser Lentur :

$$\begin{aligned}\phi.Tn &= 0,75. \phi.Fub.n. Ab \\ &= 0,75. 0,75. 7947,3 \text{ kg/cm}^2. (12) 2,01 \text{ cm}^2 \\ &= 107803,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Direncanakan :

Coba pasang 4 baut tiap baris, hanya pada sambungan kuda-kuda, tidak pada voute.

Asumsi gaya tarik pada baut teratas :

$$\begin{aligned}\Sigma d_n^2 &= d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 \\ &= (115 \text{ mm})^2 + (115 \text{ mm})^2 + (115 \text{ mm})^2 \\ &= 39675 \text{ mm}^2 \\ &= 0,0397 \text{ m}^2\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Tu &= Mu \cdot dn / \Sigma dn^2 \\
 &= (1342,24 \text{ kg} \cdot 0,115 \text{ m}) / 0,0397 \text{ m}^2 \\
 &= 3890,54 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 Tu &\leq \phi Tn \\
 3890,54 \text{ kg} &< 107803,4 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Tinaju Pelat:**

c. Kondisi leleh

$$\begin{aligned}
 \phi Tn &= \phi Ag \cdot Fy \\
 &= 0,90 \cdot (46 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}) \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 124200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Kondisi fraktur

Kondisi fraktur 1 :

Arah sobekan pada kondisi fraktur 1,

$$\begin{aligned}
 An &= Ag - ndt \\
 &= (460\text{mm} - 12\text{mm}) - 2 \cdot (16\text{mm} + 2\text{mm}) \cdot 10 \text{ mm} \\
 &= 5160 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 An &\leq 0,85 \cdot Ag \\
 5160 \text{ mm}^2 &> 4692 \text{ mm}^2 \text{ ( Tidak Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $An = 4692 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned}
 U &= 0,75 \\
 Ae &= U \cdot An \\
 &= 0,75 \cdot 4692 \text{ mm}^2 \\
 &= 3519 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Tn &= \phi Ag \cdot Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \cdot (35,19 \text{ cm}^2) \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 108209,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kondisi fraktur 2:

Arah sobekan pada kondisi fraktur 1,

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - n d t + \Sigma((S^2 \cdot t_p)/4u) \\ &= (460 \text{ mm} - 12 \text{ mm}) - 2 \cdot (16 \text{ mm} + 2 \text{ mm}) \cdot 10 \text{ mm} + \\ &\quad ((100^2 \times 12 \text{ mm}) / (4 \cdot 115 \text{ mm})) \\ &= 5421 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_n &\leq 0,85 \cdot A_g \\ 5421 \text{ mm}^2 &> 4692 \text{ mm}^2 \text{ ( Tidak Memenuhi )} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $A_n = 4692 \text{ mm}^2$ .

$$U = 0,75$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0,75 \cdot 4692 \text{ mm}^2 \\ &= 3519 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot T_n &= \phi \cdot A_g \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \cdot (35,19 \text{ cm}^2) \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 108209,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tahanan fraktur yang terjadi sama-sama menentukan, Maka:

$$\phi \cdot T_n = 108209,25 \text{ kg}$$

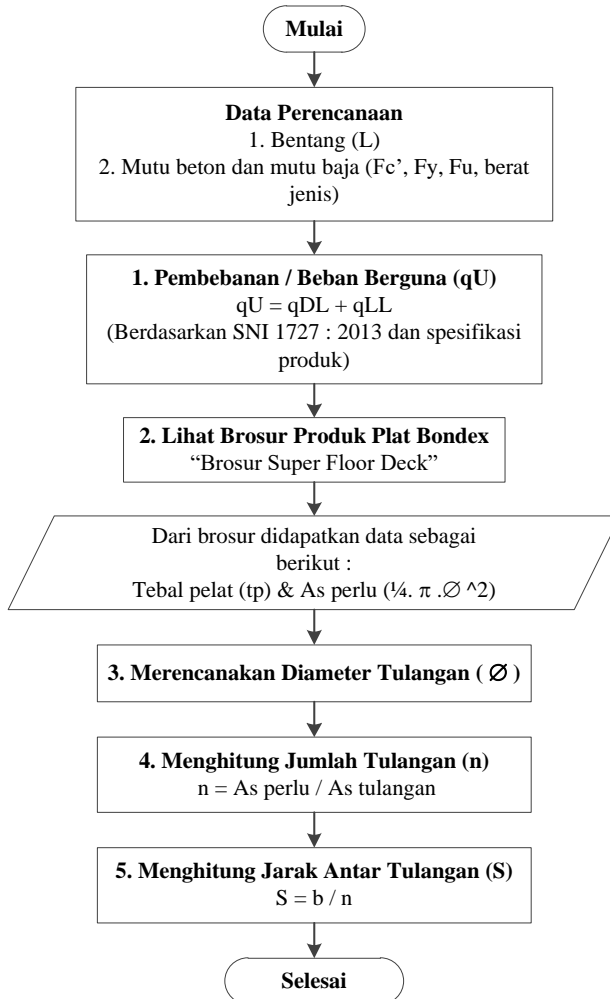
Syarat :

$$\begin{aligned} P_u &\leq \phi \cdot T_n \\ 12567,60 \text{ kg} &< 108209,25 \text{ kg ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

## BAB V

### DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

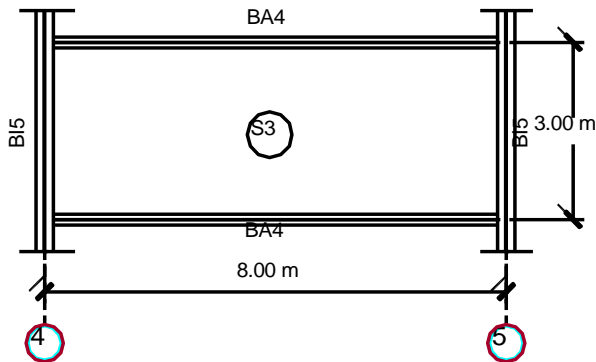
#### 5.1 Perencanaan Pelat Lantai



**Gambar 5.1 Diagram Alir Perencanaan Pelat Lantai**



Beban yang dominan bekerja pada struktur pelat atap adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban-beban yang bekerja diambil dari sub pembebanan, Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.



**Gambar 5.3 Rencana Pelat Atap**

Beban Mati

- Beban lapisan *waterproofing* = 0,1 kg/m<sup>2</sup>
- Beban duckting dan mekanikal = 19,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban plafon = 5,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban penggantung plafon = 10,0 kg/m<sup>2</sup> +

$$qDL = 34,1 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

- Beban hidup atap = 115 kg/m<sup>2</sup> +
- $$qLL = 115 \text{ kg/m}^2$$

Beban Berguna

$$\begin{aligned} qU &= qDL + qLL \\ &= 34,1 \text{ kg/m}^2 + 115 \text{ kg/m}^2 \\ &= 149,1 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

○ **Perhitungan Pelat Atap Bondex**

Dari Gambar 6.3 dan pembebanan struktur pelat atap didapatkan beban sebagai berikut :

$$\text{Bentang} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Beban berguna} = 200 \text{ kg/m}^2$$

Dari tabel perencanaan praktis "SUPER FLOOR DECK" spesifikasi bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat dan kebutuhan tulangan negatif sebagai berikut :

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 9 \text{ cm}$$

$$\text{Tulangan negatif, } A_s \text{ perlu} = 2,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 8 \text{ mm,}$$

$$\text{As tulangan } (1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) = 0,502 \text{ cm}^2$$

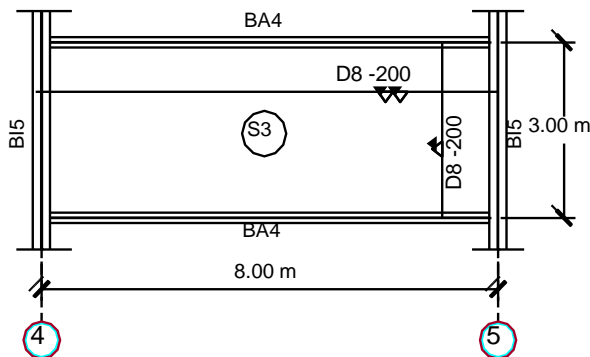
Jumlah tulangan (n) yang dibutuhkan tiap ,meter adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n &= A_s \text{ perlu} : A_s \text{ tulangan} \\ &= 2,51 \text{ cm}^2 : 0,502 \text{ cm}^2 \\ &= 5 \text{ buah / m} \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= b : n \\ &= 1 \text{ m} : 5 \\ &= 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Jadi dipasang tulangan  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$ .**



**Gambar 5.4 Rencana Penulangan Pelat Atap**

### **5.1.2 Struktur Pelat Lantai ( Kamar Hotel )**

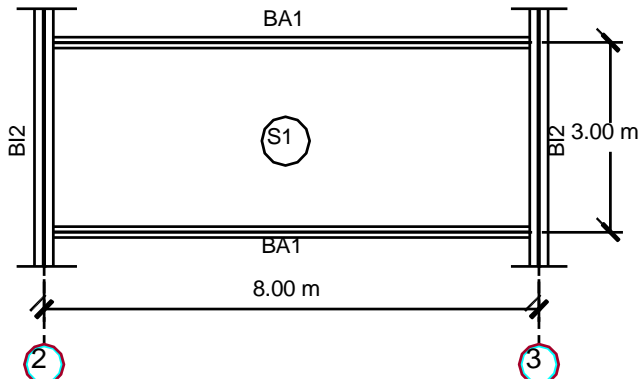
Struktur pelat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan pelat satu arah dengan menggunakan bondex yang dikelilingi oleh balok baja.

Perencanaan pelat lantai dalam pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan bondek dengan bantuan tabel perencanaan praktis dari “SUPER FLOOR DECK”. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan.
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya.
- Menggunakan baja tulangan mutu U-48.
- Menggunakan beton dengan mutu  $30 \text{ kg/cm}^2$  (K-300).
- Bondek menggunakan tebal 0.75 mm

#### **○ Pembebanan Struktur Pelat Lantai**

Beban yang dominan bekerja pada struktur pelat lantai adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban-beban yang bekerja diambil dari bab pembebanan. Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan SNI 1727-2013.



**Gambar 5.5 Rencana Pelat Lantai Hotel**

**Beban Mati**

- Beban keramik = 18,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban spesi = 38,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban duckting dan mekanikal = 19,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban plafon = 5,0 kg/m<sup>2</sup>
- Beban penggantung plafon = 10,0 kg/m<sup>2</sup> +

$$qDL = 90,0 \text{ kg/m}^2$$

**Beban Hidup**

- Beban hidup atap (direduksi) = 520 kg/m<sup>2</sup> +
- $qLL = 520 \text{ kg/m}^2$

**Beban Berguna**

$$\begin{aligned} qU &= qDL + qLL \\ &= 90,0 \text{ kg/m}^2 + 520 \text{ kg/m}^2 \\ &= 610 \text{ kg/m}^2 \approx 700 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

○ **Perhitungan Pelat Lantai Bondex**

Dari Gambar 5.2 dan pembebanan struktur pelat lantai didapatkan beban sebagai berikut :

$$\text{Bentang} = 3 \text{ m}$$



$$\text{Beban berguna} = 700 \text{ kg/m}^2$$

Dari tabel perencanaan praktis "SUPER FLOOR DECK" spesifikasi bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat dan kebutuhan tulangan negatif sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 13 \text{ cm}^2 \\ \text{Tulangan negatif, } A_s \text{ perlu} &= 3,75 \text{ cm}^2 \\ \text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 \text{ mm,} \\ \text{As tulangan } (1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2) &= 0,785 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

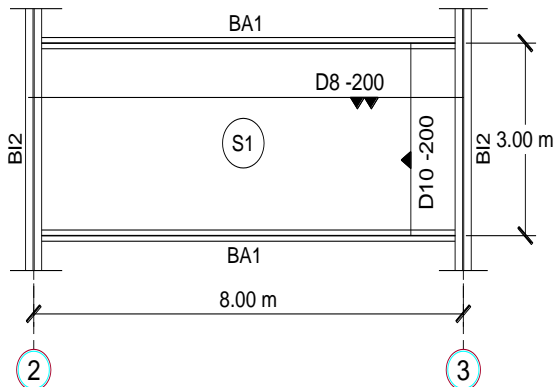
Jumlah tulangan (n) yang dibutuhkan tiap ,meter adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n &= A_s \text{ perlu} : A_s \text{ tulangan} \\ &= 4,51 \text{ cm}^2 : 0,785 \text{ cm}^2 \\ &= 5,74 \text{ buah /m} \approx 5 \text{ buah /m} \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned} S &= b : n \\ &= 1 \text{ m} : 5 \\ &= 0,20 \text{ m} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Jadi dipasang tulangan  $\varnothing 10 - 200$  mm.**



**Gambar 5.6 Rencana Penulangan Pelat Lantai**

5.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak yang akan direncanakan adalah balok anak lantai atap dan balok anak lantai Hotel Swis Belinn, direncanakan sebagai balok komposit. Fungsi dari balok anak adalah meneruskan dan membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk, sehingga balok anak didesain sebagai struktur sekunder yang tidak menerima beban lateral akibat gempa.

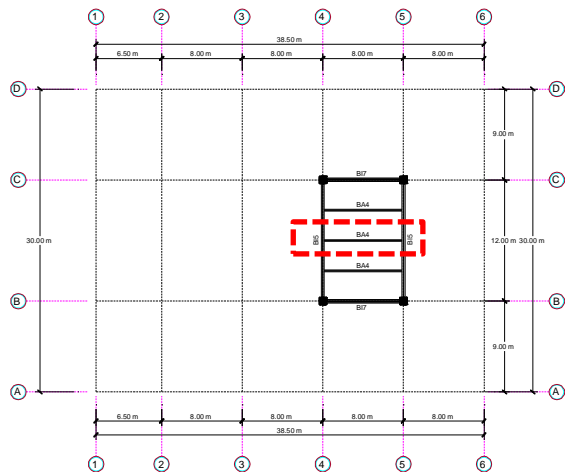
5.2.1 Balok Anak Atap WF 300x150x6,5x9

Balok anak yang akan direncanakan adalah balok anak elemen frame 1362 yang berlokasi di lantai atap + 56.60.

o Data Perencanaan

Balok induk lantai Hotel Swiss Belinn direncanakan berdasarkan data geometris, data material dan data profil yang digunakan sebagai berikut :

10.Data Geometris

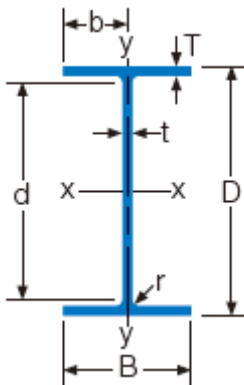


Gambar 5.7 Lokasi Perencanaan Balok Anak Atap Elemen Frame 1362

## 11. Data Material

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa

## 12. Data Profil



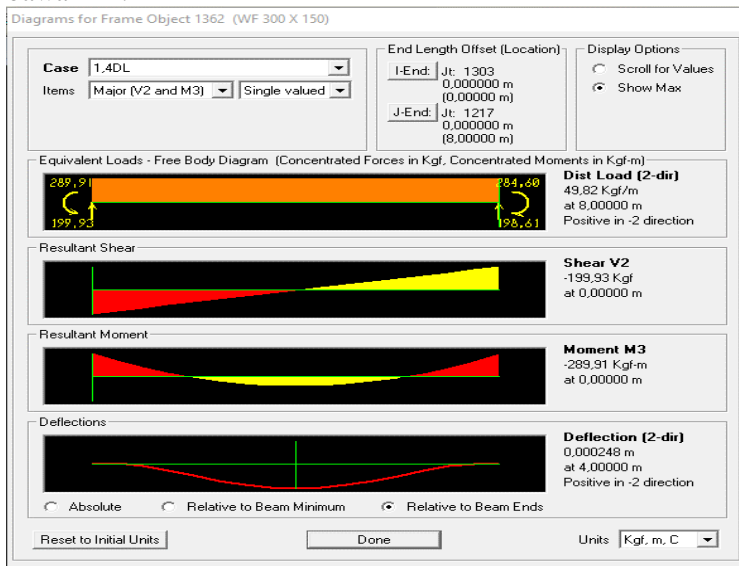
Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

WF 300.150.6,5.9											
W	=	37	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	46,8	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	7210	cm <sup>4</sup>		=	261	mm
d	=	300	mm	I <sub>y</sub>	=	508	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	150	mm	i <sub>x</sub>	=	12,4	cm		=	18	cm <sup>2</sup>
tw	=	6,5	mm	i <sub>y</sub>	=	3,3	cm	bf/2	=	8,3	mm
tf	=	9	mm	S <sub>x</sub>	=	481	cm <sup>3</sup>				

○ **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.



**Gambar 5.8 Gambar Output SAP Momen dan Geser Elemen Frame 1362**

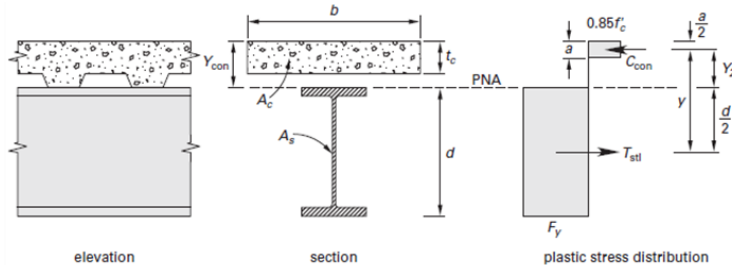
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen maksimum} = 280,91 \text{ kg.m} = 2,84 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gaya geser maksimum} = 199,93 \text{ kg} = 1,96 \text{ kN}$$

## Perhitungan Struktur Balok Anak Komposit Lantai Atap

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{Panjang bentang} = 8.00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar efektif, } b_e = 3.00 \text{ m}$$

### 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

○ Syarat penampang kompak	○ Syarat penampang tidak kompak
<p>Sayap,</p> $\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 10,748$ <p>Badan,</p> $\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}$	<p>Sayap,</p> $\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 28,284$ <p>Badan,</p> $\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}$

$= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 106,349$	$= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 161,220$
--	--

#### Kontrol penampang,

- Sayap :

$$b_f / 2.t_f = 150 \text{ mm} / 2 \times 9 \text{ mm}$$

$$= 8,333 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$

- Badan :

$$\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$$

$$= 256,00 \text{ mm} / 6,5 \text{ mm}$$

$$= 39,385 < 28,284 \text{ ( Badan kompak )}$$

Kesimpulan : Profil WF 300x150x6,5x9 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot (3000 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}) \\ &= 6885000 \text{ N} \\ &= 6885 \text{ kN} \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned} T &= F_y \cdot A_s \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot 4678 \text{ mm}^2 \\ &= 1169500 \text{ N} \\ &= 1169,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton bertulang”**.

$$a = \frac{F_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$a = \frac{250 \text{ Mpa} \cdot 4678 \text{ mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 3000 \text{ mm}} = 15,29 \text{ mm}$$

#### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$Y_c = t_{\text{pelat}} = 90 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= Y_c - 0,5a \\ &= 90 \text{ mm} - (0,5 \times 15,29 \text{ mm}) \\ &= 82,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot (4678 \text{ mm}^2) \cdot (82,35 \text{ mm} \times 0,5 \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 271740586,6 \text{ .mm} \\ &= 271,74 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 271,74 \text{ kN.m} \\ &= 244,57 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

$$\text{Beban pelat (super dead)} : (q_{sd} \times b_e) = 288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bondex} : (b_{ondex} \times b_e) = 30,30 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} : (q_{\text{pelat}} \times t_p \times b_e) \\ = 648,00 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat balok baja} : &= 36,72 \text{ kg/m} + \\ \text{Qu} &= 1003,02 \text{ kg/m} \\ &= 9,84 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned} Q_d &= 1,2 \times Q \\ &= 1,20 \times 9,84 \text{ kN/m} \\ &= 11,81 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{pelat}} &= 1/8 \cdot \text{Qd} \cdot L^2 \\ &= 0,125 \times 11,81 \text{ kN/m} \times (8,0 \text{ m})^2 \\ &= 94,46 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \phi \cdot \text{Mn} - \text{Mu}_{\text{pelat}} \\ &= 244,57 \text{ kN.m} - 94,46 \text{ kN.m} \\ &= 150,11 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### **6. Pu Maksimum di Tengah Bentang, Mu = 866,26 kN.m**

Jika  $P = \text{Pu}$ ,  $M \text{ maks} = \text{Mu}$  dan  $M \text{ maks} = 3 P$ , maka :

$$P = \frac{M \text{ max}}{3} = \frac{150,11 \text{ kN.m}}{3} = 50,04 \text{ kg}$$

#### **7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$\begin{aligned} \text{Vu} &= (1/2 \cdot \text{Pu}) &&= 25,02 \text{ kN} \\ \text{hw} / \text{tw} &&&= 350 \text{ mm} / 6,5 \text{ mm} \\ &&&= 46,154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ &= 69,570 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ &= 86,646 \end{aligned}$$



Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 1950 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 292500 \text{ N} \\
 &= 292,50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 292500 \text{ N} \\
 &= 263250 \text{ N} \\
 &= 263,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 263,25 &> 25,02 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### Keterangan :

Beban titik  $P_u = 50,04 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

### 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{3000mm}{7,77} = 1030mm \sim 386 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>0</sub>	Ai x (y <sub>0</sub> - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	386	90	347,5	4,5	1563,9	2345,8	539,3	11,9
2	Profil WF	150	300	46,8	15	701,7	7210,0	4006,3	88,1
$\Sigma$				394,3		2265,6	9555,8	4545,6	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{2265,58 \times 10^3 \text{ mm}^3}{394,31 \times 10^2 \text{ mm}^2} = 57,46 \text{ mm}$$

Keterangan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\
 &= 95558272,49 \text{ mm}^4 + 45456220,095 \text{ mm}^4 \\
 &= 141014492,58 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

**Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen inersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistis (Dewobroto, 2016).

$$\begin{aligned}
 I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{equiv} \\
 &= 0,75 \times 141014492,58 \text{ mm}^4 \\
 &= 105760869,44 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

### 9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $qD$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat betonsegar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} qD &= (\text{berat pelat}) + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 3,00 \text{ m} \times 0,9\text{m}) + 36,72 \text{ kg} \\ &= 684,72 \text{ kg/m} \\ &= 6,717 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 8 m

$$\Delta D = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ibaja}$$

$$\Delta D = \frac{5 \times 6,717 \text{ N} \cdot \text{mm} \times (8000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times (721000000) \text{ mm}^4} = 2,484 \text{ mm}$$

( Aksi Non Komposit )

### 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

#### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 300 - 2 \cdot 9 \text{ mm}$$

$$= 282,00$$

$$h_f = h - t_f$$

$$= 300 - 9$$

$$= 291$$

$$Z_x = 129226,5 \text{ mm}^3 + 392850,0 \text{ mm}^3$$

$$= 522076,50 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ M_p &= 250 \text{ Mpa} \cdot 522076,50 \text{ mm}^3 \\ &= 130519125 \text{ N.mm} \\ &= 13,30 \text{ kN.m} > 0,32 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

( **Memenuhi** )

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 13,30 \text{ kN.m} \\ &= 11,97423 \text{ kN.m} > 0,29 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

( **Memenuhi** )

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (M_u \text{ output SAP}) \\ &= 11,9742 \text{ kN.m} / 0,290 \text{ kN.m} \\ &= 41 > 1 \text{ ( **Memenuhi** )} \end{aligned}$$

- Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral.

$$L_b = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 13 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\ &= 647,14 \text{ mm} \\ &= 0,647 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{150 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 300 \text{ mm} \times 6,5 \text{ mm}}{6 \times 150 \times 9 \text{ mm}} \right)}} = 38,87 \text{ mm}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$Lr = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left(\frac{J_c}{S_{xho}}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2 \cdot t_f \\ &= 300 \text{ mm} - 2 \times 9 \text{ mm} \\ &= 282,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{x \cdot h_o} &= 481000 \text{ mm}^3 \times 282,00 \text{ mm} \\ &= 135642000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$Lr = 1,95 \times 38,8740792 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{27124,625}{135642000} + \left(\frac{27124,625}{135642000}\right)^2 + 7 \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2} \\ &= 1426,41 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $Lr > Lb$  atau  $1426,41 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$\begin{aligned} Lb &= 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m} \\ MA &= 10,320 \text{ kg.m} = 101239,2 \text{ N.mm} \\ MB &= 111,280 \text{ kg.m} = 1091656,8 \text{ N.mm} \\ MC &= 12,970 \text{ kg.m} = 127235,7 \text{ N.mm} \\ M_{\max} &= MC \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5x(10,32)}{(2,5x10,320) + (3x10,32) + (4x111,280) + (3x12,97)}$$

$$Cb = 0,239$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{0,239x3,14^2x200000}{\left(\frac{250}{38,8740792}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{27124,625}{135642000} \left(\frac{250}{38,87}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 11377,074 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= 130519125 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 117467212,5 \text{ N.mm}$$

Syarat,

$$Mu \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$$

$$2844017,10 \text{ N.mm} \leq 117467212,5 \text{ kN.m (Memenuhi)}$$

Demand capacity ratio (R).

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{171,96 \text{ kN.m}}{284,40 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,024 < \text{Max } (0,7) \\
 &\quad \text{( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

#### 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{50,035 \text{ kN}}{1,6} = 31,272 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{31272,10759 \text{ N.mm} \times 8000^3}{48 \times 2000000 \times 105760869,435} \\
 &= 15,77 \text{ mm} \quad \text{( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 2,84 \text{ mm} + 15,77 \\
 &= 18,254 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto, 2016).

##### ○ Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} v_t &= 0,96 \cdot v_u \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700\sqrt{30\text{Mpa}}}{1 + 2,26} = 7906,315\text{Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis ransformasi dengan rangkak, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_s}{E_e} = \frac{200000\text{Mpa}}{7906,315\text{Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{b_e}{n} = \frac{3000\text{mm}}{25,3} = 119\text{mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>o</sub>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	119	90	106,74	4,50	480,31	720,5	3768,7	30,47
2	Profil WF	150	300	46,78	24,00	1122,72	7210,0	8598,9	69,53
$\Sigma$				153,52		1603,03	7930,5	12367,6	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.



$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\sum A_i \cdot y_i &= 2927895,37 \text{ cm}^3 \\ \sum A_i &= 15351,53 \text{ cm}^2 \\ y_o &= \frac{1603028,609}{15351,525} = 104,42 \text{ mm}\end{aligned}$$

Catatan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i(y_o - y_i)^2 \\ &= 79304629,14 \text{ mm}^4 + 123676100,459 \text{ mm}^4 \\ &= 202980729,600 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Beban hidup,  $P = P_u / LF = 31,27 \text{ kN}$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinyu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkak. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkak dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\Delta 0,25L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_{eff}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(0,25 \times 31272,10759 \text{ N}) \times (8000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \times (202980729,600)} \\
&= 2,05 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
\end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Iequif tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}
\Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
&= \frac{(0,75 \times 31272,10759 \text{ N}) \times (8000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \text{ Mpa} \cdot (105760869,435)} \\
&= 11,8 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
\end{aligned}$$

- Shrinkage (Susut).  
perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}
P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\
&= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (90 \text{ mm} \times 1//1000 \text{ mm}) \\
&= 1390,120 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e &= y_o - 1/2t \\
&= 57,457 \text{ mm} - (0,5 \times 90 \text{ mm}) \\
&= 12,457 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{sh} &= \frac{P_{sh} \cdot e \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I_{tr}} \\
&= \frac{1390119,851 \times 12,456951 \text{ mm} \times (8000 \text{ mm})^2}{8 \times 200000 \text{ N / mr} \cdot (202980729,600) \text{ mm}^4} \\
&= 3,41 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
\end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta_{total} &= \Delta D + \Delta 0,25L + \Delta 0,75L + \Delta sh \\ &= 2,48\text{mm} + 2,05\text{mm} + 11,8\text{mm} + 3,14\text{mm} \\ &= 19,78\text{mm}\end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}\Delta_{total} &= 19,779 \text{ mm} \\ \Delta_{ijin} &= L/360 \\ &= 8000 \text{ mm} / 360 \\ &= 22,222 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Delta_{max} &< \Delta_{ijin} \\ 19,779\text{mm} &< 22,222 \text{ mm ( Memenuhi )}\end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

Tebal pelat dasar = 11 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ stud} &\leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar} \\ \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 9 \text{ mm} \\ &= 22,5 \text{ mm} \\ \varnothing \text{ stud digunakan} &= 22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_n &= 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u \\ A_s &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 &= 379,94 \text{ mm}^2 \\
 E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} &= \\
 &25742,9602 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} &= 0,5 \times 380 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times} \\
 &25742,9602 \text{ Mpa} \\
 &= 166945,567 \text{ N} \\
 &= 166,946 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned}
 R_g \cdot R_p \cdot A_{sa} \cdot F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\
 &= 116831,6 \text{ N} \\
 &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka yang digunkana adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned}
 V' = T &= F_y \cdot A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa} \times 4678 \text{ mm}^2 \\
 &= 1169500 \text{ N} \\
 &= 1169,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 n &= V' / Q_n \\
 &= 1169,5 / 116,83 \text{ kN} \\
 &= 10,01 \text{ buah} \sim 11 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
 \end{aligned}$$

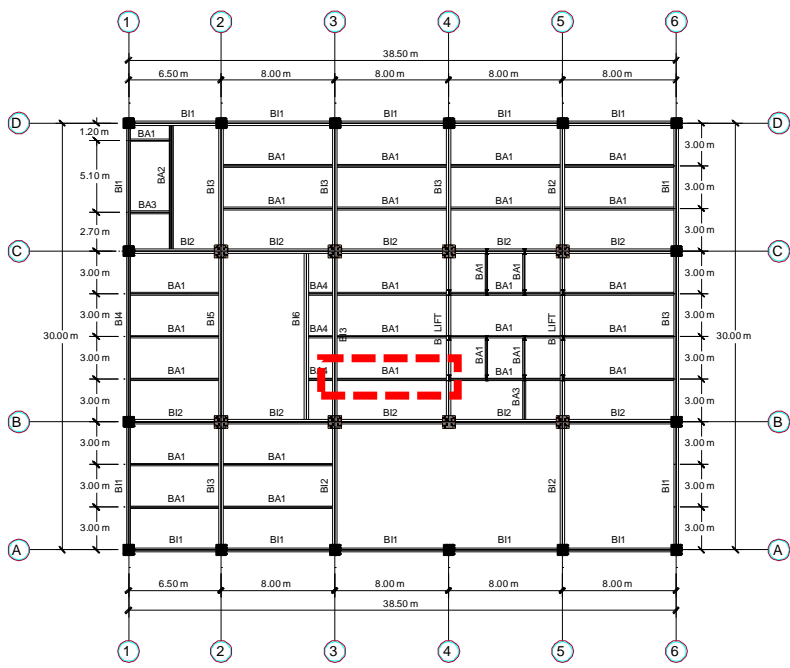
**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 22 \varnothing 22 \text{ mm}$**

5.2.2 Balok Anak WF 350x175x7x11

Balok induk yang akan direncanakan adalah balok anak elemen frame 1196 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00.

o Data Perencanaan

a. Data Geometris



Gambar 5.9 Balok anak elemen frame 1196 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00

## c. Data Material

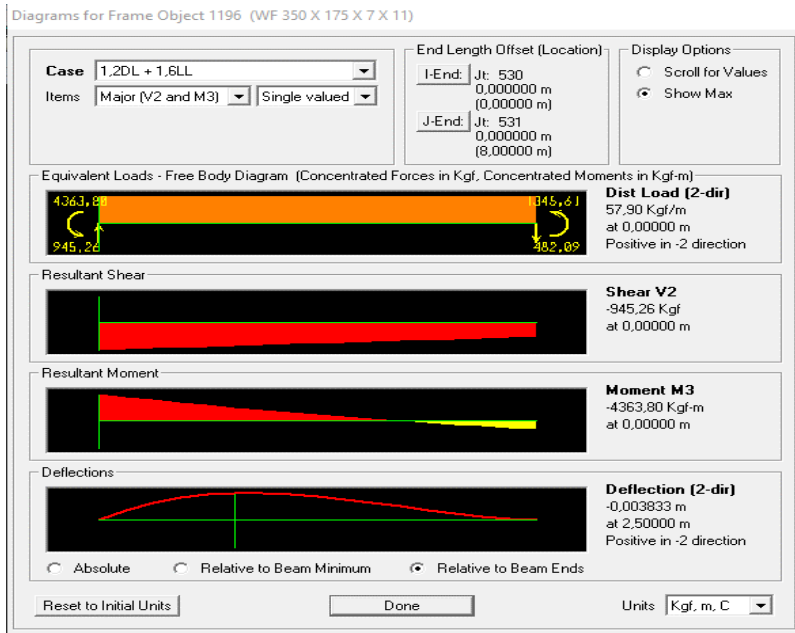
<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f'_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat ( $t_p$ )	=	0,13	m

## d. Data Goemotris

WF 350.175.7.11										
W	=	50	kg/m	r	=	14	mm	hw	=	d-2.(tf+r)
A	=	63,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	13600	cm <sup>4</sup>		=	308 mm
d	=	350	mm	I <sub>y</sub>	=	984	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw
bf	=	175	mm	i <sub>x</sub>	=	14,68	cm		=	23 cm <sup>2</sup>
tw	=	7	mm	i <sub>y</sub>	=	3,95	cm	bf/2	=	8 mm
tf	=	11	mm	S <sub>x</sub>	=	777	cm <sup>3</sup>			

o **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.



**Gambar 5.10 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Anak Elemen Frame 1196**

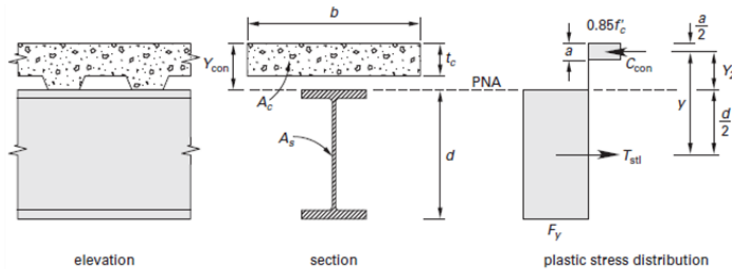
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen maksimum} = 4363,80 \text{ kg.m} = 41,81 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gaya geser maksimum} = 945,26 \text{ kg} = 9,27 \text{ kN}$$

## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

Panjang bentang = 8.00 m  
 Lebar efektif,  $b_e$  = 4.00 m

## 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 Mpa}{250 Mpa}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 Mpa}{250 Mpa}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 Mpa}{250 Mpa}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 Mpa}{250 Mpa}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
---	---

Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot tf = 175 \text{ mm} / 2 \times 11 \text{ mm}$   
 $= 7,955 < 10,748$  ( **Sayap kompak** )



○ Badan :

$$\begin{aligned}\{d-(2t_f+2r)\}/t_w &= h_w / t_w \\ &= 300 \text{ mm} / 7 \text{ mm} \\ &= 42,857 < 28,284 \text{ (Badan kompak) }\end{aligned}$$

Kesimpulan : Profil HY 450x300x12x25 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}C &= 0,85.f_c'.A_c \\ &= 0,85. 30 \text{ Mpa. (3000 mm x 130 mm)} \\ &= 9945000 \text{ N} \\ &= 9945 \text{ kN}\end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}T &= F_y. A_s \\ &= 250 \text{ Mpa. } 6314 \text{ mm}^2 \\ &= 1578500 \text{ N} \\ &= 1578,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton”** bertulang.

$$a = \frac{F_y. A_s}{0,85. f_c'. b_e}$$

$$a = \frac{250 \text{ Mpa. } 6314 \text{ mm}^2}{0,85. 30 \text{ Mpa. } 3000 \text{ mm}} = 20,63 \text{ mm}$$

### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$Y_c = t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}Y_2 &= Y_c - 0,5a \\ &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 20,63 \text{ mm}) \\ &= 119,683 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= F_y.A_s.(Y_2 - 0,5d) \\ &= 250 \text{ Mpa. } 6314 \text{ mm}^2. (119,683 \text{ mm} + 0,5. 350 \text{ mm}) \\ &= 465157125,8 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$= 465,157 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \phi \cdot \text{Mn} \\ &= 0,9 \times 465,157 \text{ kN.m} \\ &= 418,641 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

Beban pelat (super dead)	: (qsd x be)	= 288,000 kg/m
Berat bondex	: (bondex x be)	= 30,300 kg/m
Berat pelat	:(q pelat x tp x be)	= 936,000 kg/m
Berat lapisan waterproof	:(q waterproof x tepal apisan x be)	= 0,015 kg/m
Berat aspal	: (q aspal x tepal lapisan x be)	= 330,000 kg/m
Berat balok baja	:	= 49,560 kg/m +
	Qu	= 1633,875 kg/m
		= 16,028 kN/m

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned} \text{Qd} &= 1,2 \times \text{Q} \\ &= 1,20 \times 16,028 \text{ kN/m} \\ &= 19,23 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{pelat}} &= 1/8 \cdot \text{Qd} \cdot L^2 \\ &= 0,125 \times 19,23 \text{ kN/m} \times (8,0 \text{ m})^2 \\ &= 153,872 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \phi \cdot \text{Mn} - \text{Mu}_{\text{pelat}} \\ &= 418,641 \text{ kN.m} - 153,872 \text{ kN.m} \\ &= 264,770 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

### 6. Pu Maksimum di Tengah Bentang, Mu = 264,770 kN.m

Jika  $P = P_u$ ,  $M_{maks} = M_u$  dan  $M_{maks} = 3,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M_{maks}}{4} = \frac{264,770 \text{ kN.m}}{3,0} = 88,257 \text{ kN}$$

### 7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2.P_u) = 44,128 \text{ kN}$$

$$hw / tw = 350 \text{ mm} / 7 \text{ mm} = 50,000$$

$$1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,10\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} = 69,570$$

$$1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} = 86,646$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
( iii )	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 2450 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\ &= 367500 \text{ N} \\ &= 367,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 367500 \text{ kN} \\
 &= 330750 \text{ N} \\
 &= 330,75 \text{ kN} \\
 \phi_v V_n &> V_u \\
 330,75 &> 44,128 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 88,257 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

### 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{3000 \text{ mm}}{7,77} = 386 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang g	b	h	$A_i$	$y_i$	$A_i \times y_i$	$I_o$	$A_i \times (y_o - y_i)^2$	
		mm	mm	$\text{cm}^2$	cm	$\text{cm}^3$	$\text{cm}^4$	$\text{cm}^4$	%
1	Pelat	386	130	502,0	6,5	3262,9	7069,7	758,2	11,2
2	Profil WF	175	350	63,1	18	1105,0	13600,0	6028,1	88,8
$\Sigma$				565,1		4367,9	20669,7	6786,4	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{4367870,206 \text{ mm}}{56512,772 \text{ mm}} = 77,29 \text{ mm}$$

Keterangan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i(y_o - y_i)^2 \\
 I_{tr} &= 206696604,457 \text{ mm}^4 + 67863527,645 \text{ mm}^4 \\
 &= 274560132,102 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

**Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen inersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistis (Dewobroto, 2016).

$$\begin{aligned}
 I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{equiv} \\
 &= 0,75 \times 274560132,102 \text{ mm}^4 \\
 &= 205920099,076 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

**9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)**

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $q_D$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat beton segar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned}
 q_D &= \text{berat pelat} + \text{berat profil} \\
 &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 3,0 \text{ m} \times 0,13 \text{ m}) + 49,56 \text{ kg} \\
 &= 985,560 \text{ kg/m} \\
 &= 9,668 \text{ kN/m} = 9,668 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Panjang bentang = 8,0 m

$$\begin{aligned}
 \Delta_D &= \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{baja}} \\
 \Delta_D &= \frac{5 \times 9,668 \text{ N/mm} \times (8000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ MPa} \times (1360000000) \text{ mm}^4} = 1,896 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**( Aksi Non Komposit )**

## 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f$$

$$= 350 - 2 \cdot 11 \text{ mm}$$

$$= 328,00 \text{ mm}$$

$$h_f = h - t_f$$

$$= 350 - 11$$

$$= 339,00$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$= 188272 \text{ mm}^3 + 652575,000 \text{ mm}^3$$

$$= 840847,000 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$M_p = 250 \text{ Mpa} \times 840847,000 \text{ mm}^3$$

$$= 210211750 \text{ N.mm}$$

$$= 21,43 \text{ ton.m} > 4,85 \text{ ton.m}$$

( **Memenuhi** )

$$M_u = 0,9 \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 21,43 \text{ ton.m}$$

$$= 19,29 \text{ ton.m} > 4,36 \text{ ton.m}$$

( **Memenuhi** )

Atau,

$$FK = M_u / (\text{Mu output SAP})$$

$$= 19,29 \text{ ton.m} / 4,36 \text{ ton.m}$$

$$= 4 > 1 \text{ ( **Memenuhi** )}$$

- Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral,

$$L_b = 0,25 \text{ m} = 250 \text{ mm (jarak antar shear connector)}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,76 \times 14 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\
 &= 696,92 \text{ mm} = 0,697 \text{ m} \\
 r_t &= \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{175 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 350 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}}{6 \times 175 \times 11 \text{ mm}} \right)}} = 45,8854 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x \cdot h_o} + \left( \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b \cdot tf^3 + (h - tf) \cdot tw^3}{3} = \frac{2 \times 11^3 + (350 - 11) \cdot 7^3}{3} = 39646,333$$

$$\begin{aligned}
 h_o &= h - 2 \cdot tf \\
 &= 350 \text{ mm} - 2 \times 11 \text{ mm} \\
 &= 328,00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_x \cdot h_o &= 777000 \text{ mm}^3 \times 328,00 \text{ mm} \\
 &= 254856000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1,95 \times 45,8853871 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times \\
 &\sqrt{\frac{39646,333}{254856000} + \left( \frac{39646,333}{254856000} \right)^2 + 7 \left( \frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2} \\
 &= 1512,692 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau 1512,692 mm

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$L_b = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

$$M_A = 2589,070 \text{ kg.m} = 25398776,7 \text{ N.mm}$$

$$M_B = 1045,930 \text{ kg.m} = 10260573,3 \text{ N.mm}$$

$$M_C = 265,630 \text{ kg.m} = 2605830,3 \text{ N.mm}$$

Nilai  $C_b$ ,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5x(1045,93)}{(2,5x1045,930) + (3x2589,07) + (4x1045,930) + (3x265,63)}$$

$$C_b = 0,851$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{0,851x3,14^2x200000}{\left(\frac{250}{45,8853871}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{39646,333}{254856000} \left(\frac{250}{45,89}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 56543,529 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**



Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$M_n = M_p = 210211750 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 189190575 \text{ N.mm}$$

Syarat,

$$M_u \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$$

$$42808878,00 \text{ kN.m} \leq 189190575 \text{ kN.m}$$

**Memenuhi** )

Demand capacity ratio (R),

$$R = 0,226 < \text{Max}(0,7)$$

**( Memenuhi )**

# 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

$$\text{Beban hidup } P = P_u / LF$$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{88,257 \text{ kN}}{1,6} = 55,160 \text{ kN}$$

$$\Delta L = \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}}$$

$$= \frac{55160,33359 \text{ N} \cdot \text{mm}^3}{48 \times 200000 \times 205920099,076}$$

$$= 14,287 \text{ mm} \quad (\text{Aksi Komposit})$$

$$\Delta_{total} = \Delta D + \Delta L$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,896\text{mm} + 14,287 \text{ mm} \\
 &= 16,182 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto,2016).

### ○ Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned}
 v_t &= 0,96 \cdot v_u \\
 &= 0,96 \times 2,35 \\
 &= 2,256
 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700\sqrt{30\text{Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315\text{Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis transformasi dengan rangkai, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_e} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{7906,315 \text{ Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{b_e}{n} = \frac{3000 \text{ mm}}{25,3} = 119 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang Jangka Panjang

No.	Penampang g	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>o</sub>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup>	%
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	
1	Pelat	119	130	154,17	6,5	1002,13	2171,3	7496,67	29,05
2	Profil WF	175	350	63,14	30,5	1925,77	13600,0	18305,12	70,95
$\Sigma$				217,31		2927,90	15771,3	25801,79	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

$$y_o = \frac{2927895,370 \text{ mm}^3}{21731,313 \text{ mm}^2} = 134,73 \text{ mm}$$

Catatan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \Sigma I_o + \Sigma A_i(y_o - y_i)^2 \\ &= 157712716,36 \text{ mm}^4 + 258017870,52 \text{ mm}^4 \\ &= 415730586,88 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup, } P = P_u / LF = 55,160 \text{ kN}$$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinyu di sepanjang kinerja

strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkai. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto,2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkai dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\begin{aligned}\Delta 0,25L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,25 \times 55160,33359N) \times (8000mm)^3}{48 \times 200000 \times (415730586,872)} \\ &= 1,77 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Iequiv tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}\Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,75 \times 55160,33359N) \times (8000mm)^3}{48 \times 200000Mpa \cdot (205920099,076)} \\ &= 10,7 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

○ Shrinkage (Susut).

perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\ &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\ &\text{mm}) \\ &\times 3000 \\ &= 2007,951 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 77,29 \text{ mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 12,29 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{PSh.e.L^2}{8.E.I_{tr}} \\
 &= \frac{2007950,896 \times 12,289965 \text{ mm} \times (8000 \text{ mm})^2}{8 \times 200000 \text{ N/mm}^2 \times (415730586,872 \text{ mm}^4)} \\
 &= 2,37 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta 0,25L + \Delta 0,75L + \Delta_{sh} \\
 &= 1,90 \text{ mm} + 1,77 \text{ mm} + 10,7 \text{ mm} + 2,37 \text{ mm} \\
 &= 16,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= 16,54 \text{ mm} \\
 \Delta_{ijin} &= L/360 \\
 &= 8000 \text{ mm} / 360 \\
 &= 22,22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{max} &< \Delta_{ijin} \\
 16,754 \text{ mm} &< 22,22 \text{ mm ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

Tebal pelat dasar = 22 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \varnothing \text{ stud} &\leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar} \\
 \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 27,5 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ stud digunakan} = 22 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u$$

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 = 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times 25742,96 \text{ Mpa}} \\ &= 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned} R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 116831,6 \text{ N} \\ &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka yang digunkana adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned} V' = T &= F_y \cdot A_s \\ &= 250 \text{ Mpa} \times 6314 \text{ mm}^2 \\ &= 1578500 \text{ N} \\ &= 1578,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jumlah shear stud yang diperlukan :

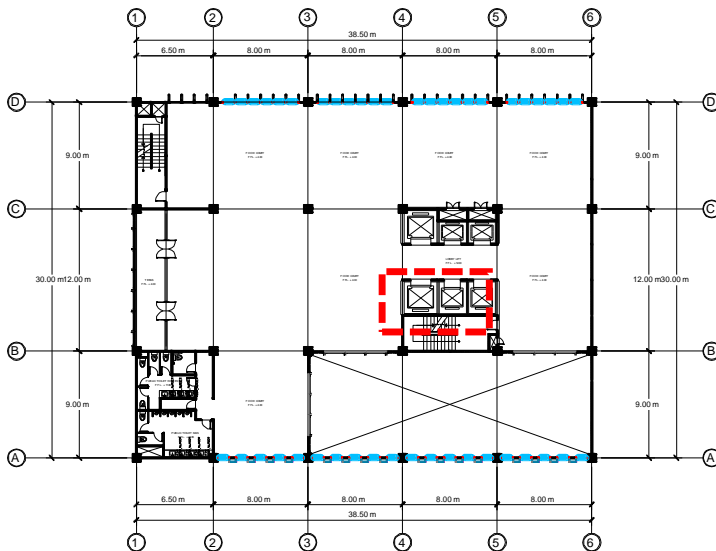
$$\begin{aligned}
 n &= V' / Q_n \\
 &= 1578,5 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\
 &= 13,51 \text{ buah} \sim 14 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
 \end{aligned}$$

**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 28 \varnothing 22 \text{ mm}$**

### 5.3 Desain Struktur Tangga

#### Tangga Tipe 1, $T = 4,0 \text{ m}$

Struktur tangga yang didesain meliputi pelat tangga, pelat bordes, serta balok bordes. Perhitungan tangga yang ditinjau adalah tangga yang menghubungkan lantai 1 dengan lantai Mezzani, denah penempatan tangga, dapat dilihat pada gambar 6.9.



**Gambar 5.11 Gambar 5.6 Denah Penempatan Tangga Tipe 1 (ditandai dengan garis merah)**

### **Preliminari Desain Tangga dan Bordes Tipe 1, T = 4,0 m**

Data perencanaan tangga :

Panjang tangga sumbu x = 5,30 m

Panjang tangga sumbu y = 3,00 m

Lebar bordes = 1,70 m

Tinggi bordes = 2,00 m

Panjang anak tangga mendatar = 3,60 m

$$\begin{aligned}\alpha &= \text{arc tan (Tinggi bordes / Panjang anak tangga mendatar)} \\ &= \text{arc tan ( 2,00 m / 3,60 m)} \\ &= 29,05^\circ\end{aligned}$$

Syarat :

Antrede = 26 cm ~ 30 cm

Optrede = 15 cm ~ 20 cm

Perencanaan antrede dan optrede :

Tinggi optrede direncanakan = 15 cm

$$\begin{aligned}\text{Jumlah optrede} &= \frac{\text{Tinggibordez}}{\text{Tinggioptrede}} \\ &= 200 \text{ cm} / 15 \text{ cm} \\ &= 13,33 \text{ buah} \sim 13 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi optrede sebenarnya} &= \frac{\text{Tinggibordez}}{\text{Jumlahoptrede}} \\ &= 200 \text{ cm} / 13 \\ &= 15,38 \text{ cm}\end{aligned}$$

Catatan :

Untuk mempermudah pelaksanaan maka optrede 12 buah anak tangga direncanakan = 15,5 cm, sedangkan 1 optrede lainnya = 14 cm.



$$\begin{aligned}\text{Jumlah antrede} &= \text{Jumlah optrede} - 1 \\ &= 13 - 1 = 12 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang antrede} &= \frac{\text{Panjang tangga}}{\text{jumlah antrede}} \\ &= 360 \text{ cm} / 12 \\ &= 30 \text{ cm}\end{aligned}$$

Perencanaan tebal pelat tangga :

Pelat dasar anak tangga,

$$\begin{aligned}\text{Panjang pelat, L} &= \text{Panjang anak tangga} / \cos \alpha \\ &= 3,6 \text{ m} / \cos 29,05^\circ \\ &= 3,36 \text{ m} \sim 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, tp} &= L/24 \\ &= 336 \text{ cm} / 24 \text{ cm} \\ &= 14 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

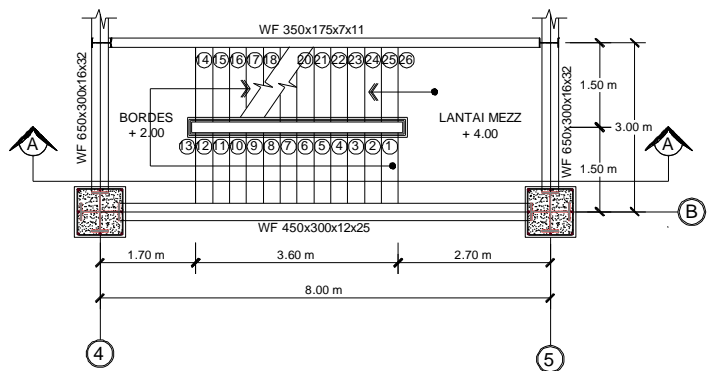
Pelat bordes,

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, tp} &= L/24 \\ &= 300 \text{ cm} / 24 \\ &= 12,5 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}\end{aligned}$$

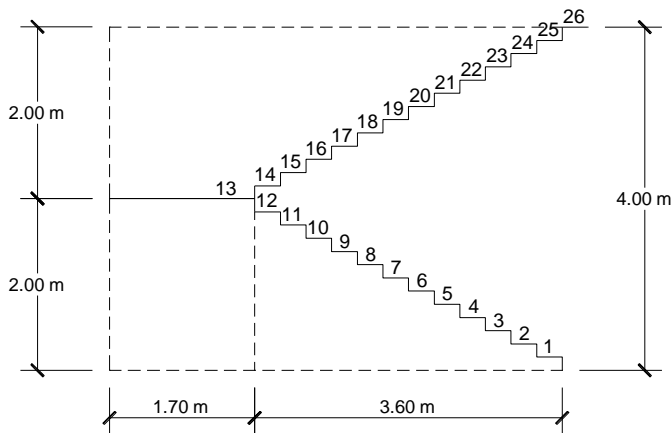
### **Data Perencanaan Tangga Tipe 1, T = 4,00 m**

Spesifikasi pelat tangga dan pelat bordes yang didesain adalah :

$$\begin{aligned}\text{Beton } f'c &= 30 \text{ MPa} \\ \text{Tulangan BJTD 40, D10 dan } \emptyset, fy &= 400 \text{ MPa} \\ \text{Tebal pelat tangga} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Tebal pelat bordes} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$



**Gambar 5.12 Denah Tangga Tipe 1 pada Lantai Mezzani**



**Gambar 5.13 Sketsa Potongan A-A (Potongan Memanjang Tangga**

### Pembebanan Struktur Pelat Tangga Dan Pelat Bordes Tipe 1, T = 4,0 m

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimit dari beban mati dan beban hidup.

#### a. Pelat Tangga

##### Beban mati (DL)

- Berat Sendiri pelat tangga :  $\frac{t_{\text{pelatefektif}}}{\cos \alpha} \times \text{Lebar tangga}$   

$$\frac{0,15}{\cos 29,05} \times 2400 \times 1,5 = 617,74 \text{ kg / m}$$
- Beban spesi  
 $(t = 2 \text{ cm}) = 2 \times 38 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 114 \text{ kg/m}$
- Beban keramik  
 $(t = 1 \text{ cm}) = 1 \times 18 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 27 \text{ kg/m}$
- Beban sandaran = 80 kg/m +  

$$\text{WDL} = 838,74 \text{ kg/m}$$

##### Beban Hidup

Beban hidup lantai tangga erdasarkan SNI 1727 - 2013 = 154 kg/m<sup>2</sup>

- Beban hidup lantai tangga,  

$$\frac{154 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m}}{\text{WLL}} = 231 \text{ kg/m} +$$

$$\text{WLL} = 231 \text{ kg/m}$$

##### Beban Ultimit

$$\begin{aligned}
 w_{U1} &= 1,4 w_{DL} \\
 &= 1,4 (838,74 \text{ kg/m}) = 1174,24 \text{ kg/m} \\
 w_{U2} &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\
 &= 1,2 (838,74 \text{ kg/m}) + 1,6 (231 \text{ kg/m}) \\
 &= 1376,09 \text{ kg/m} \sim 1377 \text{ kg/m} \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

#### b. Pelat Bordes

- Berat sendiri,

- $= 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,5 \text{ m} = 540 \text{ kg/m}$
- Beban spesi,  
 $(t = 2 \text{ cm}) = 2 \times 38 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 114 \text{ kg/m}$
- Beban keramik,  
 $(t=1 \text{ cm}) = 1 \times 18 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 27 \text{ kg/m} +$   
 $\text{WDL} = 681 \text{ kg/m}$

#### Beban Hidup

Beban hidup lantai tangga berdasarkan SNI 1727 - 2013 = 154 kg/m<sup>2</sup>

- Beban hidup lantai tangga,  
 $\frac{154 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m}}{\text{WLL}} = 231 \text{ kg/m} +$   
 $\text{WLL} = 231 \text{ kg/m}$

#### Beban Ultimit

$$\begin{aligned}
 w_{U1} &= 1,4 w_{DL} \\
 &= 1,4 (681 \text{ kg/m}) \\
 &= 953,4 \text{ kg/m} \\
 w_{U2} &= 1,2 w_{DL} + 1,6 w_{LL} \\
 &= 1,2 (681 \text{ kg/m}) + 1,6 (231 \text{ kg/m}) \\
 &= 1186,80 \text{ kg/m} \sim 1187 \text{ kg/m} \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

### **5.3.1 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga Tipe 1, T = 4,0 m**

Direncanakan :

Tulangan utama, D  $= 13 \text{ mm}$

Tulangan susut / tulangan bagi, Ø  $= 8 \text{ mm}$

Tinggi manfaat,

$$\begin{aligned}
 dx &= t \text{ pelat} - \text{decking} - 1/2.D \text{ tualangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (0,5. 13 \text{ mm}) \\
 &= 103,5 \text{ mm} \\
 dy &= t \text{ pelat} - \text{decking} - D - 1/2.D \text{ tualangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (0,5. 13 \text{ mm}) \\
 &= 90,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio penulanga :

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85.F_c'} \\ &= \frac{400Mpa}{0,85.30Mpa} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \beta 1,0,85 \frac{F_c'}{F_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,85.0,85 \frac{30Mpa}{100Mpa} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400Mpa} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho maks &= 0,75. \rho b \\ &= 0,75. 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho min &= 1,4 / F_y \\ &= 1,4 / 400 Mpa = 0,0035 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho min \leq \rho perlu \leq \rho maks$   
 $\rho min > \rho perlu$  , maka gunakan  $\rho min$

Penulangan arah x,

$$Mutx = 20749800 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{20749800 \text{ N.mm}}{0,8} = 25937250 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{25937250 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (103,5 \text{ mm})^2} = 2,421$$

$$R maks = \rho_{mak} \cdot F_y \cdot \left( 1 - \frac{0,5 \cdot \rho_{mak} \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c'} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0244.400Mpa \left( 1 - \frac{0,5.(0,0244).400Mpa}{0,85.30Mpa} \right) \\
 &= 7,888 > (R_n = 2,421) \dots \dots \dots \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85.F_c'}{F_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.R_n}{0,85.F_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85.30Mpa}{400Mpa} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.(2,421)}{0,85.30Mpa}} \right) \\
 &= 0,0064
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

$\rho_{perlu} > \rho_{min}$  , maka digunakan  $\rho_{perlu} = 0,0064$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_x \\
 &= 0,0064 \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (103,5 \text{ mm}) \\
 &= 659,46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13 – 200 mm , As pasang = 663,33 mm<sup>2</sup> > As perlu - OK.

Cek Kapasitas Penampang :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{663,33 \text{ mm}^2 (400 \text{ Mpa})}{0,85(30)(1000)} = 10,41 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \cdot A_{tulangan} \cdot F_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot (663,33 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot (103,5 \text{ mm} - (10,41 \text{ mm} / 2)) \\
 &= 20865010,13 \text{ N.mm} > (M_n = 20749800 \text{ N.mm}) \\
 &\text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

(Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.3)

$S_{maks} \leq 2. (h)$

$$\leq 2.(150 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}$$

$S_{pasang} = 200 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$  ( **OK** )

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :

(Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12)

Ditentukan  $\rho_{susut}$  pakai = 0,002

$$\begin{aligned} A_{susut \text{ pasang}} &= \rho_{susut} . b . H \\ &= 0,002 . (1000 \text{ mm}) . (150 \text{ mm}) \\ &= 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ bagi} &= 20\% . A_s \\ &= 0,2 . (663,33 \text{ mm}^2) \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2,

$$\begin{aligned} S &\leq 5. h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq (5. 150 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \\ &\leq 750 \text{ atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan :  $S < 450 \text{ mm}$

Maka : Dipasang tulangan susut  $\varnothing 8 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = 251,20 \text{ mm}^2$$

Kontrol retak pelat tangga :

Diketahui,

$$C_c \text{ decking} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama}, D = 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_s &= 0,6. F_y \\ &= 0,6. (400 \text{ Mpa}) \\ &= 240 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_c &= C_c + (0,5. D) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5. 13 \text{ mm}) \\ &= 46,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan (n)} &= \text{As pasang} / \text{As tulangan} \\
 &= 663,33 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (13\text{mm})^2) \\
 &= 663,33 \text{ mm}^2 / 132,665 \text{ mm}^2 \\
 &= 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 \cdot d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (46,5\text{mm}) \cdot (1000\text{mm})}{5} \\
 &= 18600,0 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar retak} &= (10 \times 10^{-6}) \cdot \beta \cdot f_z^3 \sqrt{d_c \cdot A} \\
 &= (10 \times 10^{-6}) \cdot 0,85 \cdot (240\text{Mpa})^3 \sqrt{47 \cdot (18600\text{mm}^2)} \\
 &= 0,21 \text{ mm} < 0,30 \text{ mm ( OK )}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum maksimum di permukaan tarik,

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{95000}{f_z} - 2,5 \cdot C_c \\
 &= \frac{95000}{240\text{Mpa}} - 2,5 \cdot (40\text{mm}) \\
 &= 295,85 \text{ mm} > (S \text{ pasang} = 200 \text{ mm})
 \end{aligned}$$

Atau :

$$\begin{aligned}
 S &= 300 \cdot (252 / f_s) \\
 &= 300 \cdot (252 / 240 \text{ Mpa}) \\
 &= 315 \text{ mm} > (S \text{ pasang} = 200 \text{ mm})
 \end{aligned}$$

### 5.3.2 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes Tipe 1, T = 4,0 m

Direncanakan :

$$\text{Tulangan utama, D} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan susut / tulangan bagi, } \emptyset = 8 \text{ mm}$$

Tinggi manfaat,

$$\begin{aligned}
 dx &= t \text{ pelat} - \text{decking} - 1/2 \cdot D \text{ tulangan} \\
 &= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (0,5 \cdot 13 \text{ mm})
 \end{aligned}$$



$$= 103,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dy &= t \text{ pelat} - \text{decking} - D - 1/2.D \text{ tualangan} \\ &= 150 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (0,5 \cdot 13 \text{ mm}) \\ &= 90,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Rasio penulangan :

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta 1 \cdot 0,85 \frac{F_c'}{F_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \frac{30 \text{ Mpa}}{100 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / F_y \\ &= 1,4 / 400 \text{ Mpa} = 0,0035 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{maks}$   
 $\rho_{min} > \rho_{perlu}$  , maka gunakan  $\rho_{min}$

Penulangan arah x,

$$M_{utx} = 27630100 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{27630100 \text{ N.mm}}{0,8} = 34537625 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{34537625 N.mm}{1000mm.(103,5mm)^2} = 3,244$$

$$\begin{aligned} R_{maks} &= \rho_{mak} \cdot Fy \cdot \left( 1 - \frac{0,5 \cdot \rho_{mak} \cdot Fy}{0,85 \cdot Fc'} \right) \\ &= 0,0244 \cdot 400Mpa \left( 1 - \frac{0,5 \cdot (0,0244) \cdot 400Mpa}{0,85 \cdot 30Mpa} \right) \\ &= 7,888 > (R_n = 3,244) \dots \dots \dots \text{ ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot Fc'}{Fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot Fc'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30Mpa}{400Mpa} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (3,244)}{0,85 \cdot 30Mpa}} \right) \\ &= 0,0086 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

$\rho_{perlu} > \rho_{min}$  , maka digunakan  $\rho_{perlu} = 0,0086$

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho \cdot b \cdot dx \\ &= 0,0086 \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (103,5 \text{ mm}) \\ &= 894,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13 – 150 mm , As pasang = 1061,32 mm<sup>2</sup> > As perlu - OK.

Cek Kapasitas Penampang :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1061,32 mm^2 (400Mpa)}{0,85(30)(1000)} = 16,65 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_{tulangan} \cdot Fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \cdot (1061,32 \text{ mm}^2) \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot (103,5 \text{ mm} - (16,65 \text{ mm} / 2)) \\
 &= 32323874,91 \text{ N.mm} > (M_n = 27630100 \text{ N.mm}) \\
 &\quad \text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :  
(Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.3)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &\leq 2 \cdot (h) \\
 &\leq 2 \cdot (150 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pasang}} = 125 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{( OK )}$$

Kontrol perlu tulangan susut + suhu :  
(Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12)

Ditentukan  $\rho_{\text{susut}}$  pakai = 0,002

$$\begin{aligned}
 A_{\text{susut pasang}} &= \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot H \\
 &= 0,002 \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (150 \text{ mm}) \\
 &= 300 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ bagi} &= 20\% \cdot A_s \\
 &= 0,2 \cdot (1061,32 \text{ mm}^2) \\
 &= 212,264 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2,

$$\begin{aligned}
 S &\leq 5 \cdot h \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq (5 \cdot 150 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \\
 &\leq 750 \text{ atau } 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan :  $S < 450 \text{ mm}$

Maka : Dipasang tulangan susut  $\varnothing 8 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = 251,20 \text{ mm}^2$$

Kontrol retak pelat tangga :

Diketahui,

$$C_c \text{ decking} = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ (Diameter tulangan utama)} = 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,6 \cdot F_y \\
 &= 0,6 \cdot (400 \text{ Mpa})
 \end{aligned}$$

$$= 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d_c &= C_c + (0,5 \cdot D) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \cdot 13 \text{ mm}) \\ &= 46,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan (n)} &= A_s \text{ pasang} / A_s \text{ tulangan} \\ &= 1061,32 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (13 \text{ mm})^2) \\ &= 1061,32 \text{ mm}^2 / 132,665 \text{ mm}^2 \\ &= 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2 \cdot d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (46,5 \text{ mm}) \cdot (1000 \text{ mm})}{8} \\ &= 11625,0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar retak} &= (10 \times 10^{-6}) \cdot \beta \cdot f_z^3 \sqrt{d_c \cdot A} \\ &= (10 \times 10^{-6}) \cdot 0,85 \cdot (240 \text{ Mpa})^3 \sqrt{47 \cdot (11625 \text{ mm}^2)} \\ &= 0,18 \text{ mm} < 0,30 \text{ mm} \text{ ( OK )} \end{aligned}$$

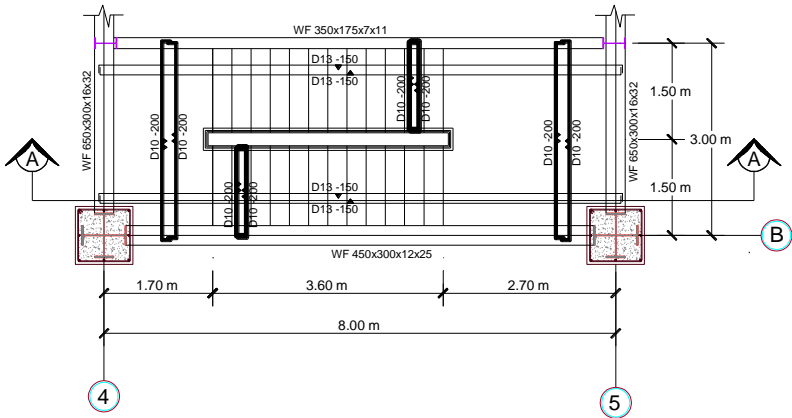
Spasi maksimum maksimum di permukaan tarik,

$$\begin{aligned} S &= \frac{95000}{f_z} - 2,5 \cdot C_c \\ &= \frac{95000}{240 \text{ Mpa}} - 2,5 \cdot (40 \text{ mm}) \\ &= 295,85 \text{ mm} > (S \text{ pasang} = 200 \text{ mm}) \end{aligned}$$

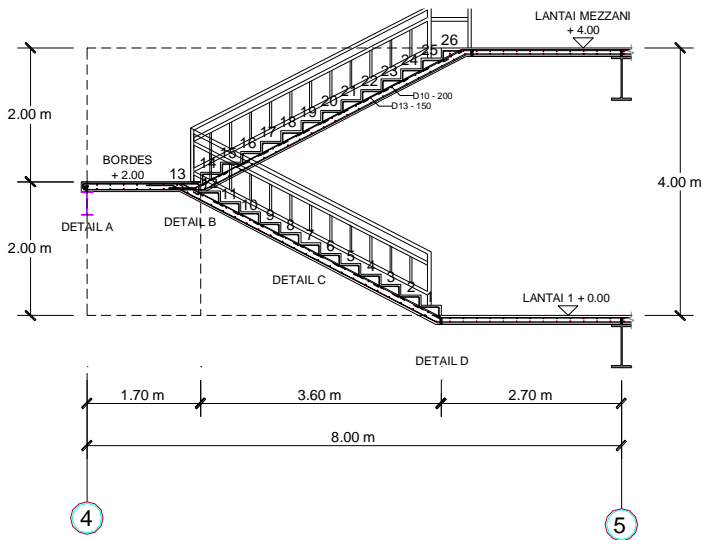
Atau :

$$\begin{aligned} S &= 300 \cdot (252 / f_s) \\ &= 300 \cdot (252 / 240 \text{ Mpa}) \\ &= 315 \text{ mm} > (S \text{ pasang} = 125 \text{ mm}) \end{aligned}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan maka tulangan pelat tangga dan pelat bordes dibuat menerus menggunakan tulangan utama D13-150.



Gambar 5.14 Rencana Penulangan Tangga Tipe 1



Gambar 5.15 Potongan A-A Rencana Penulangan Tangga Tipe 1

## 5.4 Perencanaan Struktur Lift

### 5.4.1 Balok Penggantung Lift

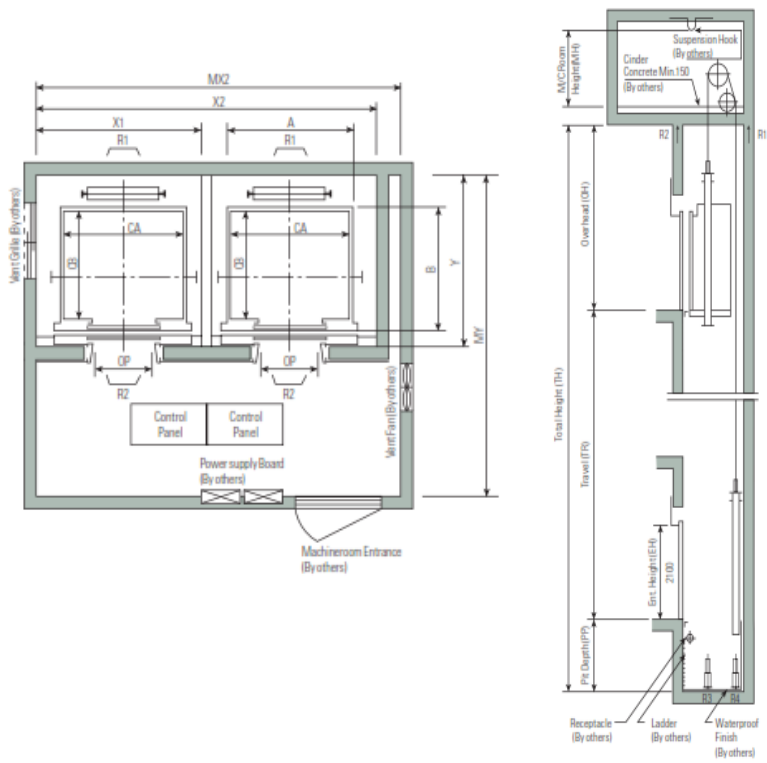
Dalam perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yang terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Perencanaan Lift dalam tugas akhir ini menggunakan brosur lift dari “HYUNDAI ELEVATOR” dengan data-data sebagai berikut :

#### a. Data Geometris

- Tiper Lift = *Passenger Elevator*
- Merek = HYUNDAI
- Kapasitas = 10 orang / 700 kg
- Lebar pintu (*Opening Width*) = 800 mm
- Dimensi ruang luncur  
(*Hoistway Inside*) 2 car = 3700 x 1850 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car Size*)
  - Internal = 1400 x 1250 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal = 1460 x 1405 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) = 4000 x 3600 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin
  - $R_1 = 4200 \text{ kg}$
  - $R_2 = 2700 \text{ kg}$

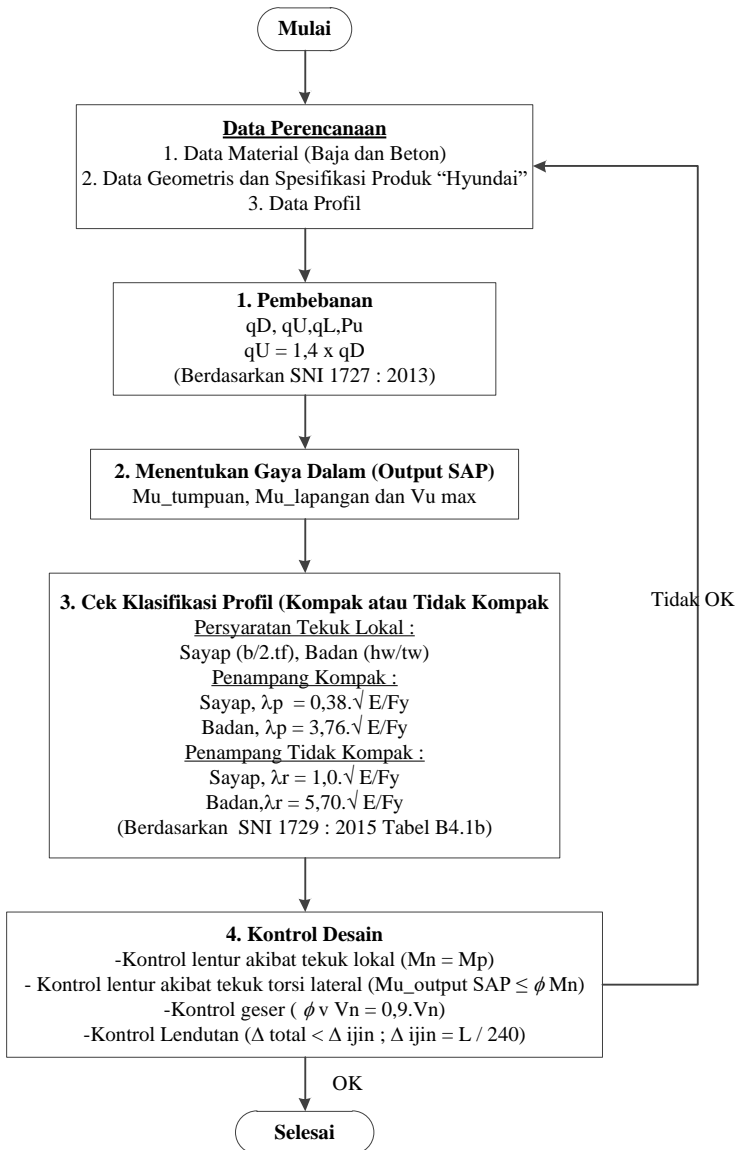
Capacity	Speed (m/sec)	Motor (Kw)	Door Opening	Reaction (Kg)	
Kg/Personal			(JxJ)	(Static Load)	
			WxH	R1	R2
700/10	1.5	7.5	800x2100	4200	2700

Inside Dimension (mm)						
Car		Hostway		Machine Room		
A	B	Y	X2	MY	MX2	MH
1460	1405	1850	3700	3600	4000	2400



**Gambar 5.16 Spesifikasi Lift Hyundai Elevator**



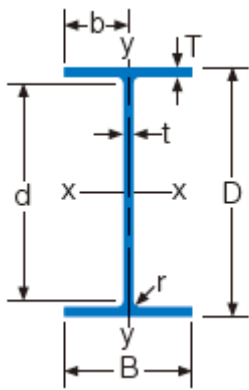


**Gambar 5.17 Diagram Alir Perencanaan Balok Lift**

a. Data Material

BAJA		
Mutu baja	=	BJ 41
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	410 Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	250 Mpa
$f_r$	=	70 Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000 Mpa
Berat jenis baja	=	7850 kg/m <sup>3</sup>

b. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

WF 350.175.7.11										
W	=	49,6	kg/m	r	=	14	mm	hw	=	d-2.(tf+r)
A	=	63,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	13600	cm <sup>4</sup>		=	308 mm
d	=	350	mm	I <sub>y</sub>	=	984	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw
bf	=	175	mm	i <sub>x</sub>	=	14,68	cm		=	23 cm <sup>2</sup>
tw	=	7	mm	i <sub>y</sub>	=	3,95	cm	bf/2	=	7,95 mm
tf	=	11	mm	S <sub>x</sub>	=	777	cm <sup>3</sup>			

## Perhitungan Balok penggantung Lift :

### 1. Pembebanan Balok Penggantung Lift

#### a. Beban Mati

##### Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat profil balok penggantung} &= 49,6 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat sambungan, dll } (\pm 10\%) &= 5,0 \text{ kg/m} + \\
 q D &= 54,5 \text{ kg/m} \\
 &= 538,8 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

##### Beban Ultimit :

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,4 \times qD \\
 &= 1,4 \times 0,539 \text{ kN/m} \\
 &= 0,75 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### b. Beban Terpusat Lift

Pada pasal 7.4 Impact Load SNI 1727 (Peraturan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan batas lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.

$$\begin{aligned}
 PU_1 &= R_1 \times KLL = 4200 \times (1 + 100\%) = 8400 \text{ kg} \\
 PU_2 &= R_2 \times KLL = 2700 \times (1 + 100\%) = 5400 \text{ kg} \\
 PU &= PU_1 = 8400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

##### Beban Terpusat Ultimit :

$$\begin{aligned}
 P \text{ ultimit} &= 1,4 \times PU \\
 &= 1,4 \times 8400 \text{ kg} \\
 &= 11760 \text{ kg} = 115,37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 2. Analisa struktur balok,

Berdasarkan hasil analisa struktur balok penggantung lift menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Momen tumpuan} &= -10,28 \text{ kN.m} \\ \text{Momen lapangan} &= 58,76 \text{ kN.m} \\ \text{Geser maksimum} &= 60,56 \text{ kN}\end{aligned}$$

## 3. Perhitungan Struktur Penggantung Lift

### a. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 8,393</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 83,045</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 22,086</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 125,89</math></p>
---	--

Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot tf = 175 \text{ mm} / 2 \cdot 1 \text{ mm}$   
 $= 7,955 > 8,393$  ( **Sayap kompak** )
- Badan :  
 $\{d - (2 \cdot tf + 2 \cdot r)\} / tw = hw / tw$   
 $= 300 \text{ mm} / 7 \text{ mm}$   
 $= 42,857 < 83,045$  ( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil WF 350.175.7.11 adalah **“Penampang Kompak”**.

#### 4. Evaluasi Balok Penggantung Lift

##### a. Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 328,0 \text{ mm}$$

$$h_f = h - t_f$$

$$= 339,0 \text{ mm}$$

$$Z_x = 188272,0 \text{ mm}^3 + 652575,0 \text{ mm}^3$$

$$= 840847,0 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_p = 410 \text{ Mpa} \times 840847,0 \text{ mm}^3$$

$$= 344747270 \text{ N.mm}$$

$$= 344,75 \text{ kN.m} > (58,76 / 0,9 = 65,29 \text{ kN.m})$$

( **Memenuhi** )

$$M_u = 0,9 \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 344,75 \text{ kN.m}$$

$$= 310,27 \text{ kN.m} > 58,76 \text{ kN.m}$$

( **Memenuhi** )

Atau,

$$FK = M_u / (M_u \text{ output SAP})$$

$$= 310,27 \text{ kN.m} / 58,76 \text{ kN.m}$$

$$= 5,28 > 1 \text{ ( **Memenuhi** )}$$

##### b. Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral

$$L_b = 2,3 \text{ m} = 2300 \text{ mm (panjang balok lift)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,76 \times 14 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}} \\
 &= 544,21 \text{ mm} = 0,544 \text{ m} \\
 r_t &= \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{175 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 350 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}}{6 \times 175 \times 11 \text{ mm}} \right)}} = 45,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  **(Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015)**

$$Lr = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b \cdot tf^3 + (h - tf) \cdot tw^3}{3} = \frac{2 \cdot 175 \times 11^3 + (350 - 11) \cdot 7^3}{3} = 194042,33$$

$$\begin{aligned}
 h_o &= h - 2 \cdot tf \\
 &= 350 \text{ mm} - 2 \times 11 \text{ mm} \\
 &= 328,0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{xho} &= 777000 \text{ mm}^3 \times 328 \text{ mm} \\
 &= 254856000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$Lr = 1,95 \times 45,89 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 410} \times$$

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\frac{190442,33}{254856000} + \left( \frac{190442,33}{254856000} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot 410}{200000} \right)^2} \\
 &= 4214,84 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $5081,51 \text{ mm} > 2300 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

$$Cb = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai Cb dihitung sebagai berikut :

$$L = 2,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} RA &= (\frac{1}{2}.qU.L) + (1/2. \text{Pultimit}) \\ &= (0,5 \times 0,75 \text{ kN/m} \times 2,30 \text{ m}) + (0,5 \times 115,37 \text{ kN}) \\ &= 58,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (1/8.qU.L^2) + (1/4.\text{Pultimit}. L) \\ &= (1/8. 0,75 \text{ kN/m}. (2,3)^2) + (1/4. 115,37 \text{ kN}. 2,3) \\ &= 66,83 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA &= RA.(L/4) - Qu.(L/4).(L/8) \\ &= 58,54 \text{ KN}.(2,3/4) - 0,75 \text{ kN.m}.(2,3/4).(2,3 \text{ m}/8) \\ &= 33,54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MB &= M_{\max} \\ &= 66,83 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MC &= MA \\ &= 33,54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5x(66,83)}{(2,5x66,83) + (3x33,54) + (66,83) + (3x33,54)}$$

$$Cb = 1,314$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x . h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,314 \times 3,14^2 \times 200000}{\left(\frac{2300}{45,89}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{194042,33}{254856000} \left(\frac{2300}{45,89}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1105,76$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= 344,75 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 344,75 \text{ kN.m} \\ &= 310,27 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} \mu_u \text{ (output SAP)} &\leq \phi M_n \\ 58,76 \text{ kN.m} &\leq 310,27 \text{ kN.m (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Demand capacity ratio (R),

$$\begin{aligned} R &= \frac{310,27 \text{ kN.m}}{58,76 \text{ kN.m}} \\ &= 0,189 < \text{Max}(0,7), \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

### c. Kontrol Geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_A = 58,54 \text{ kN} \\ V_u \text{ (Output SAP)} &= 60,56 \text{ kN} \\ \text{(Maka digunakan } V_u &= 60,56 \text{ kN)} \end{aligned}$$

$$h_w / t_w = 350 \text{ mm} / 7 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 &= 50,0 \\
 1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,10\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 410 \text{ Mpa}} \\
 &= 54,325 \\
 1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 410 \text{ Mpa}} \\
 &= 67,659
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

	Persamaan	Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 410 \text{ Mpa} \times 2450 \text{ mm}^2 \times 1 \\
 &= 602700 \text{ N} \\
 &= 602,70 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 602,70 \text{ kN} \\
 &= 542,43 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 542,43 \text{ kN} &> 60,56 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### d. Kontrol lendutan

$$\begin{aligned}
 \delta_{\max} &= 1,0 \text{ mm (Output SAP 2000 v.14)} \\
 \delta_{\text{ijin}} &= L/240 \\
 &= 2300 \text{ mm} / 240
 \end{aligned}$$

$$= 9,58 \text{ mm}$$

Syarat,

$$\delta_{\max} < \delta_{\text{ijin}}$$

$$8,24 \text{ mm} < 9,58 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Keterangan : untuk kontrol lendutan menggunakan beban tidak terfaktor.

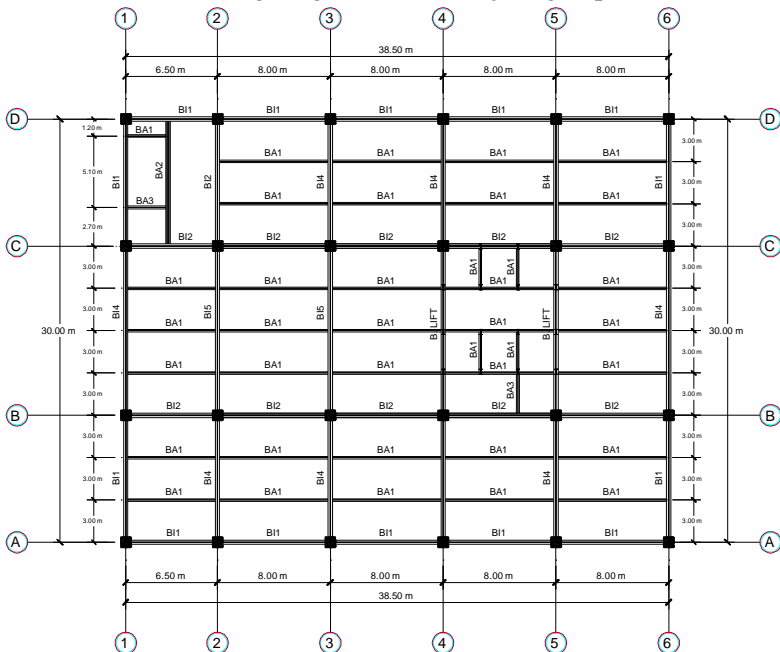


## BAB VI

### PEMODELAN STRUKTUR

#### 6.1 Penjelasan Umum

Struktur yang dianalisis pada tugas akhir ini adalah bangunan Hotel Swis Belinn Darmo Centrum Surabaya yang terdiri dari 1 lantai basement 16 lantai dan rangka atap dengan tinggi total bangunan 60,68 m menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB). Sistem Rangka Bresing Konsentris berfungsi sebagai penahan gaya lateral atau sebagai peredam melalui aksi leleh tarik atau tekuk tekan batang diagonal ketika terjadi gempa besar.



**Gambar 6.1 Denah Struktur Gedung**

## 6.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan program bantu analisis struktur SAP 2000 v14.2.2. Program ini memodelkan struktur secara tiga dimensi dan membantu perhitungan yang digunakan untuk mengontrol struktur agar memenuhi persyaratan yang ada di SNI 1726:2012 (Gempa) dan SNI 1729:2015 (Baja).

Pemodelan struktur pada program SAP 2000 v14.2.2 ini menggunakan analisa respon spektrum untuk pembebanan gempa. Dan sistem struktur yang dipilih pada program SAP 2000 v14.2.2 ini menggunakan Sistem Rangka Bresiing Konsentris Biasa (SRBKB).

### 6.2.1 Input Data Material

Hotel Swiss Belinn Darmo didesain ulang menggunakan materila baja tipe BJ 41 dan material beton dengan mutu  $F_c'$  30 Mpa.

Material Property Data

General Data	
Material Name and Display Color	BJ 41
Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	7850.
Mass per Unit Volume	800.4772
Units	
	Kgf. m. C
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2.039E+10
Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	7.844E+09
Other Properties for Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	25492905
Minimum Tensile Stress, Fu	41808364
Effective Yield Stress, Fye	25492905
Effective Tensile Stress, Fue	41808364
<input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

**Gambar 6.2 Input Material Baja BJ 41**

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: FC 30

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2400.

Mass per Unit Volume: 244.7319

**Units**

Kgf. m. C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2.625E+09

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 1.094E+09

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 3059148.6

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**Gambar 6.3 Input Material Beton Mutu Fc, 30 Mpa**

## 6.2.2 Input Data Elemen Struktur

### ○ Input Data Balok dan Bresing

Berikut ini adalah data elemen struktur balok dan bresing yang akan dimodelkan pada SAP 2000 v14.2.2.

**Frame Properties**

**Properties**

Find this property:

BRESING H 650 X 300 X 12 X 28

H 350 X 350

H 450 X 300 X 9 X 14

H 450 X 300 X 9 X 16

H 450 X 300 X 12 X 22

H 450 X 300 X 12 X 25

H 450 X 350 X 12 X 22 DINDING

H 450 X 350 X 12 X 25

H 450 X 350 X 12 X 25 DINDING

H 500 X 300 X 16 X 25

H 500 X 300 X 16 X 28

H 500 X 300 X 16 X 32

H 550 X 300 X 16 X 32

**Click to:**

Import New Property...

Add New Property...

Add Copy of Property...

Modify/Show Property...

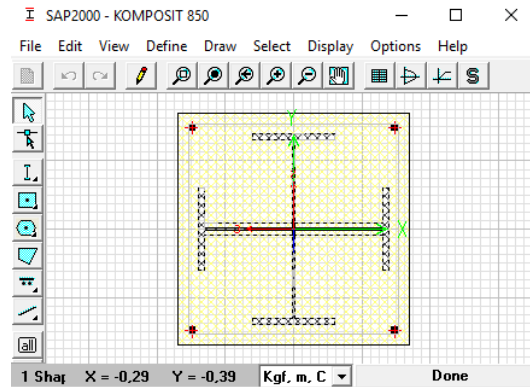
Delete Property

OK Cancel

**Gambar 6.4 Frame Properties pada SAP 2000**

### ○ Input Data Kolom

Desain kolom direncanakan menggunakan struktur komposit selubung beton menggunakan profil KC 700x300x13x24 dan profil KC 588x300x12x20. Untuk membuat frame komposit pada SAP 2000 menggunakan fungsi section desain pada menu define section properties.



**Gambar 6.5 Section Desain Kolom Komposit**

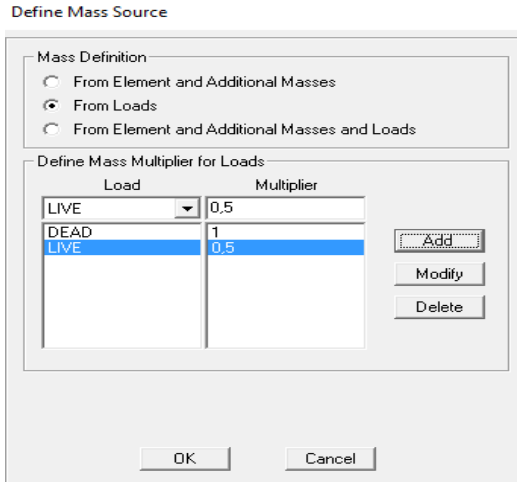
### ○ Input Elemen Pelat Lantai dan Pelat Atap

Pelat lantai atap direncanakan menggunakan tebal 9 cm sedangkan pelat lantai direncanakan menggunakan tebal 13 cm dengan mutu beton  $F_c'$  30 Mpa.

### 6.2.3 Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur yang dimasukkan pada program SAP 2000 v14.2.2 menggunakan metode kedua, yaitu *From Loads* karena pada perhitungan beban mati tambahan menjadi satu dengan berat sendiri dalam *load case (DEAD)*. Peninjauan massa struktur dianggap berasal dari berat beban mati total sebesar 100% sehingga multiplier beban (*DEAD*) diisi 1, sedangkan untuk beban hidup dianggap berasal dari beban hidup total sebesar 50% sehingga multiplier beban (*LIVE*) diisi 0,5. Multiplier yang diisikan tersebut bukanlah pengali untuk gravitasi karena program

analisis struktur SAP 2000 V14.2.2 sudah dikalikan secara otomatis dengan percepatan gravitasi ( $W = m.g$ ).

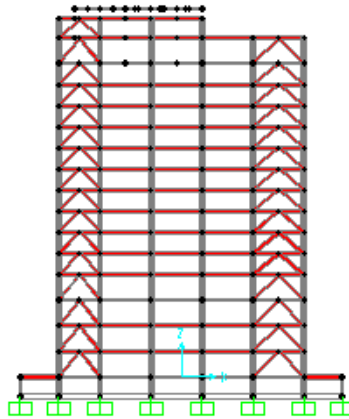


**Gambar 6.6 Input Mass Source**

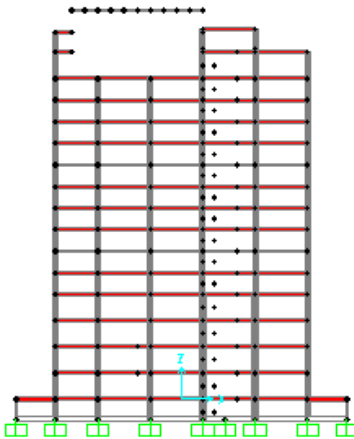
#### 6.2.4 Pemodelan Struktur Tiga Dimensi

Berikut ini adalah pemodelan struktur yang penulis lakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v14.2.2.

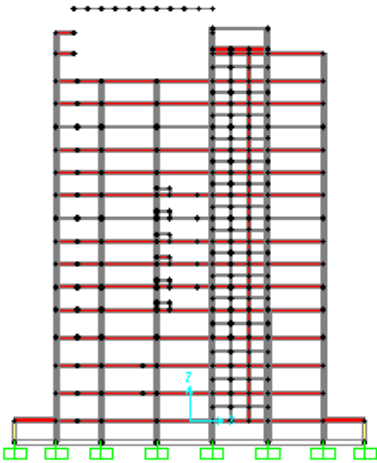




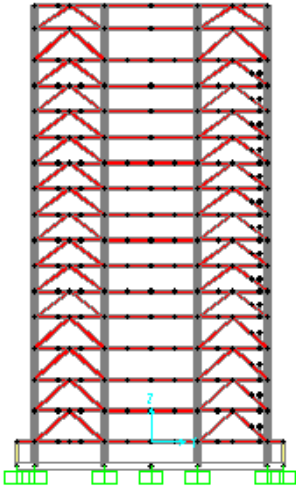
**Gambar 6.7 As A-A dan as D-D**



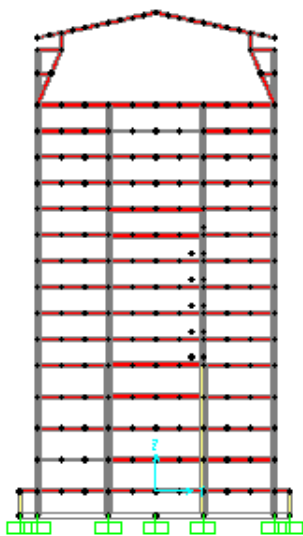
**Gambar 6.8 As B-B**



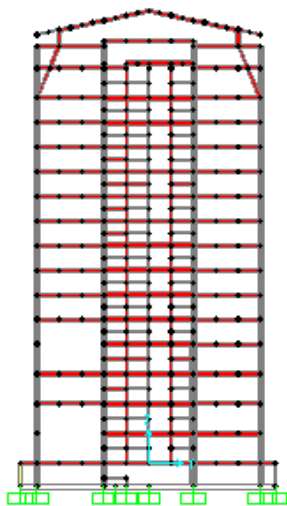
Gambar 6.9 As C-C



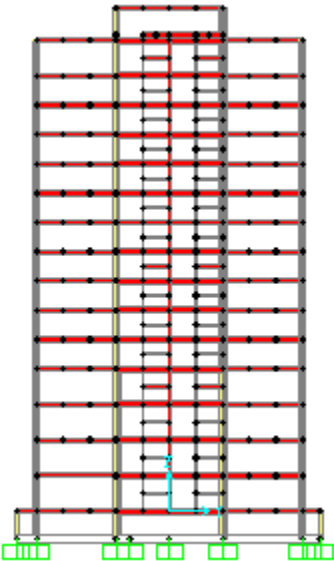
Gambar 6.10 As 1-1



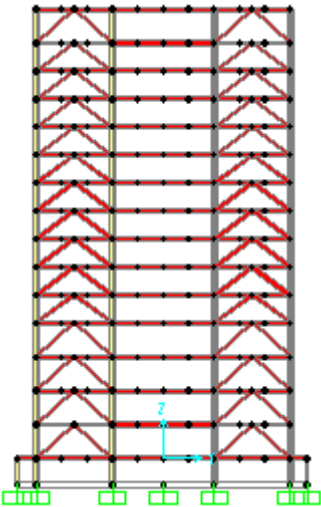
Gambar 6.11As 2-2 dan 3-3



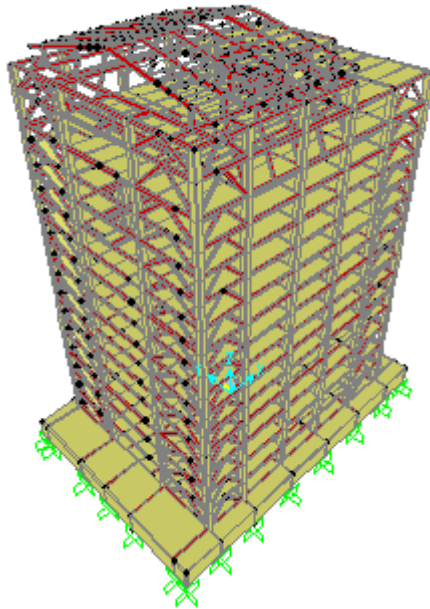
Gambar 9.1 As 4-4



Gambar 6.12 As 5-5



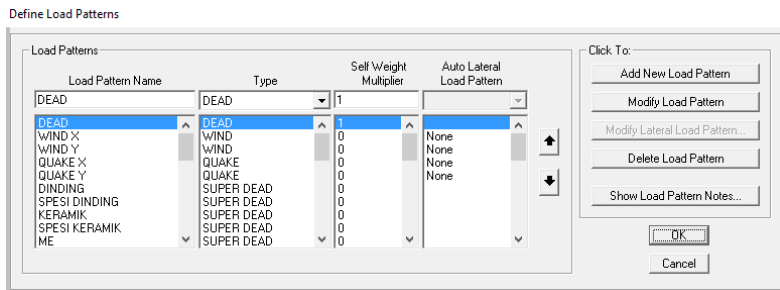
Gambar 6.13 As 6-6



**Gambar 6.14 Pemodelan 3D Struktur Gedung**

### 6.2.5 Pembebanan Struktur Utama

Berikut ini adalah jenis beban yang akan diinputkan pada pemodelan struktur gedung menggunakan program bantu SAP 2000 v14.2.2.



**Gambar 6.15 Beban-beban pada Load Pattern SAP 2000**

### 6.2.5.1 Beban Gravitasi

Pada elemen struktur gedung dikenai beban gravitasi, beban gravitasi yang terjadi mengacu pada peraturan SNI 1727-2013, ASCE 7-2002, dan brosur material yang ada pada saat ini. Untuk brosur material terdapat pada lampiran A. Adapun beban gravitasi yang terjadi akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu SAP 2000.

#### o Beban Mati (D)

Beban mati terdiri atas berat sendiri seluruh elemen struktur dan perlengkapan permanen pada gedung seperti dinding, lantai, atap, plafon dan partisi. Beban mati terdiri dari dua macam, antara lain :

##### a. Berat sendiri (*Self Weight*, DL),

Berat Baja : 7850 kg/m<sup>3</sup>

Berat Beton : 2400 kg/m<sup>3</sup>

##### b. Berat sendiri tambahan (*Superimposed Dead Load*, SDL) :

Beban dinding bata ringan : 90 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban keramik : 18 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban spesi dinding : 1,0 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban spesi keramik : 38 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban pegangan tangga : 80 kg/m<sup>2</sup> (SNI 1727-2013)

Beban *ducting mechanical* : 19 kg/m<sup>2</sup> (ASCE-7-2002)

Beban plafon : 5,0 kg/m<sup>2</sup> (ASCE-7-2002)

Beban penggantung plafon : 10 kg/m<sup>2</sup> (ASCE-7-2002)

Beban lapisan *waterproofing* : 0,1 kg/m<sup>2</sup> (ASCE-7-2002)

Beban *floor hardener* : 7,0 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban tandon : 90 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban genset : 830 kg/m<sup>2</sup> (brosur)

Beban *lift* : 6900 kg (brosur)

Beban lateral tanah (H) : 6394 kg/m<sup>2</sup> (SNI 1727-2013)

○ **Beban Hidup (LL)**

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam. Bergantung fungsi ruang, maka beban hidup dapat di bedakan sesuai dengan SNI 1727-2013 tabel 4.1 pada tabel sebagai berikut :

a. Beban hidup (L)

Beban lanatai parkir	: 154	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban <i>hall</i> (lobi)	: 520	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban kamar hotel (hotel)	: 520	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban ruangan hotel lainnya	: 520	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban ruang pertemuan	: 520	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban restoran	: 520	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban bordes	: 154	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban anak tangga	: 154	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban <i>lift</i>	: 6867	kg	(brosur)

b. Beban hidup atap (Lr)

Beban air hujan	: 110	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)
Beban atap	: 77	kg/m <sup>2</sup>	(SNI 1727-2013)

Beban hidup diatas telah direduksi sesuai dengan syarat SNI 1727-2013 pasal 4.7.2 dan 4.7.3 dengan bangunan lebih dari 2 lantai direduksi sebesar 20 persen sedangkan untuk beban hidup lebih dari sama dengan 488,24 kg/m<sup>2</sup> harus direduksi dengan faktor sesuai dengan pasal 4.7.2.

### 6.2.5.2 Beban Angin (W)

Bangunan gedung dan struktur lain termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin sesuai dengan SNI 1727-2013. Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom.

6.2.5.3 Beban Gempa

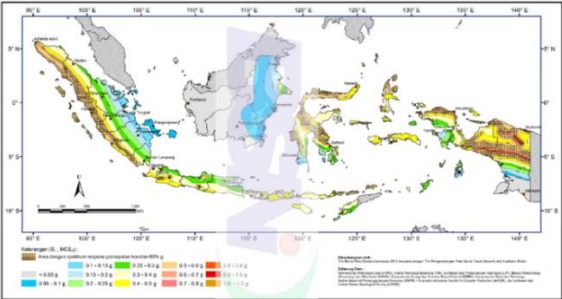
Analisa pembebanan gempa pada gedung ini mengacu pada SNI 1726-2012 dengan tinjauan lokasi gempa pada daerah Malang, Jawa Timur. Adapun langkah-langaknya yaitu:

- 1. Menetapkan kategori risiko bangunan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 1. Untuk gedung yang direncanakan pada tugas akhir ini kategori resiko adalah II.
- 2. Menentukan faktor keutamaan gempa berdasarkan tabel 7.1

Tabel 6.1 Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726-2012 Tabel 2)

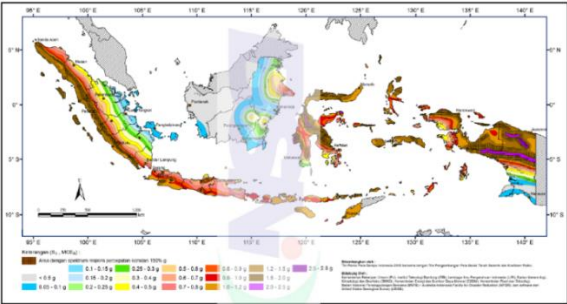
Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )
I	1,00
II	1,00
III	1,25
IV	1,50

- 3. Menentukan parameter percepatan gempa terpetakan ( $S_s$  dan  $S_I$ ) berdasarkan Peta Gempa Hazard Indonesia untuk gempa rencana 2500 tahun (2% dalam 50 tahun). Didapat nilai  $S_I$  ialah 0,300 dan  $S_s$  ialah 0,860 dari Peta Gempa Hazard untuk Indonesia 2010.



Gambar 6.16 Peta Untuk  $S_I$  ( $T=1s$ , probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%))





Gambar 6.17 Peta Untuk Ss (T=0,2s, probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%))

4. Analisa data N-SPT

Tabel 6.2 Analisa Hasil Data Tanah Borlog

Posisi ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
1	1,5	tanah urug, pelat beton, sirtu	5,5	0,27
2	1,5	pasir dengan sedikit lempung	5	0,3
3	5,5	pasir, lempung, tanah lepas	8	0,69
4	4,5	lanau lempung keabu-abuan, sedikit pasir dan bertekstur sangat lembut	0,5	9
5	5	lanau lempung inorganik kecoklatan, sedikit pasir dan bertekstur agak padat	7,7	0,65
6	2,5	lanau berpasir kecoklatan, inorganik dengan sedikit lempung, sangat padat	18	0,14
7	30,5	lempung berlanau abu-abu gelap, padat hingga sangat padat	18,1	1,69

Keterangan :

$i$  : Lampiran tanah ke- $i$

$N_i$  : Tahanan penetrasi standart (pukulan)

$d_i$  : Tebal lapisan atau kedalaman lapisan tanah ( $m^1$ )

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum d_i / N_i} = \frac{8,5}{1,26} = 6,475$$

5. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan tabel 5.6.

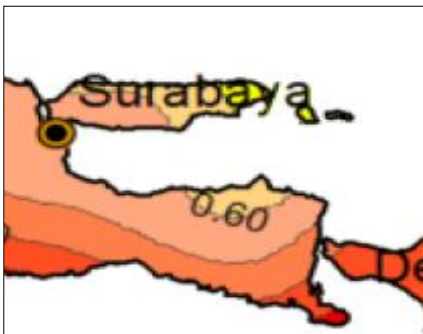
Berdasarkan hasil analisa data tanah, maka didapat klasifikasi situs tanah sebagai berikut :

**Tabel 6.3 Klasifikasi Situs (SNI 03-1726-2012 Tabel 3)**

Kelas Situs	$\bar{V}_s$	$\bar{N}$ or $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	$\geq 100$ kN/m <sup>2</sup>
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m <sup>2</sup>
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50 kN/m <sup>2</sup>
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti		

yang mengikuti 6.10.1)	mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa

6. Menentukan koefisien situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ) berdasarkan Tabel 5.7 dan Tabel 5.9.



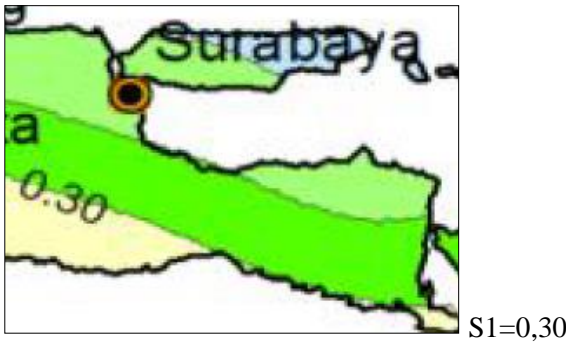
$S_s = 0,60$

**Tabel 6.4 Koefisien Situs  $F_a$  (SNI 03-1726- 2012 Tabel 4)**

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ pada periode pendek				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				

Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara  $S_s$

Dari penentuan nilai  $S_s$  didapat nilai 0,6 yaitu antara 0,5 dengan 0,75 dan klasifikasi situs tanah E, sehingga Didapat nilai  $F_a$  ialah 1,40.



Tabel 6.5 Koefisien Situs  $F_v$  (SNI 03-1726- 2012 Tabel 5)

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa $MCE_R$ pada periode 1 s				
	$S_I \leq$ <b>0,1</b>	$S_I =$ <b>0,2</b>	$S_I =$ <b>0,3</b>	$S_I =$ <b>0,4</b>	$S_I \geq$ <b>0,5</b>
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara $S_I$					

Karena nilai  $S_{d1}$  0,3 dengan klasifikasi situs tanah E maka nilai  $F_v$  ialah 2,8.

7. Menghitung parameter percepatan desain spektral dengan Persamaan (5-3) dan (5-4) (SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 dan pasal 6.3). Dengan terlebih dahulu melakukan perhitungan untuk nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,4 \times 0,6 \\ &= 0,84 \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2,8 \times 0,300 \\ &= 0,840 \end{aligned} \quad (5.2)$$

Dari perhitungan diatas diperoleh :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 0,84 \\ &= 0,56 \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \cdot S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 0,84 \\ &= 0,56 \end{aligned} \quad (5.4)$$

8. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan Tabel 5.10 dan Tabel 5.11.

**Tabel 5.10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726-2012 Tabel 6)

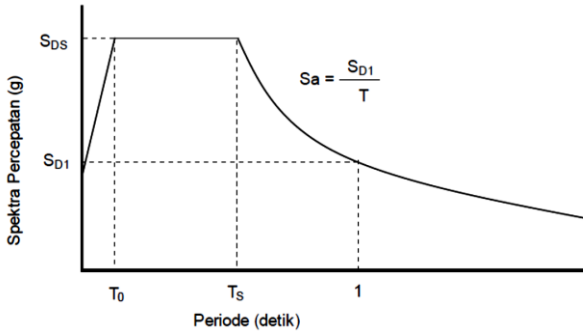
Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 5.11** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 s (SNI 03-1726-2012 Tabel 7)

Nilai $SD_I$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_I < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SD_I < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD_I < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD_I$	D	D

Dari hasil kedua tabel diatas diambil nilai KDS terbesar yaitu KDS D untuk bangunan gedung ini.

9. Menentukan koefisien modifikasi respon (R) sebesar 6, faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) sebesar 5, dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) sebesar  $2 \frac{1}{2}$  untuk tinjauan Rangka Baja
10. Menentukan prosedur analisis gaya gempa berdasarkan SNI-1726-2012 Tabel 13.  
Pemilihan prosedur analisis struktur menggunakan analisis respon spektrum.
11. Melakukan analisis modal respon spektrum  
Analisis modal respon spektrum dilakukan dengan menggambar dan memasukkan grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur (*SAP 2000*). Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 5.3.



**Gambar 6.18 . Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum**

Pada periode  $T < T_0$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (5.5)$$

Pada periode  $T_0 \leq T \leq T_s$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (5.6)$$

Pada  $T > T_s$ , respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (5.7)$$

Dengan :

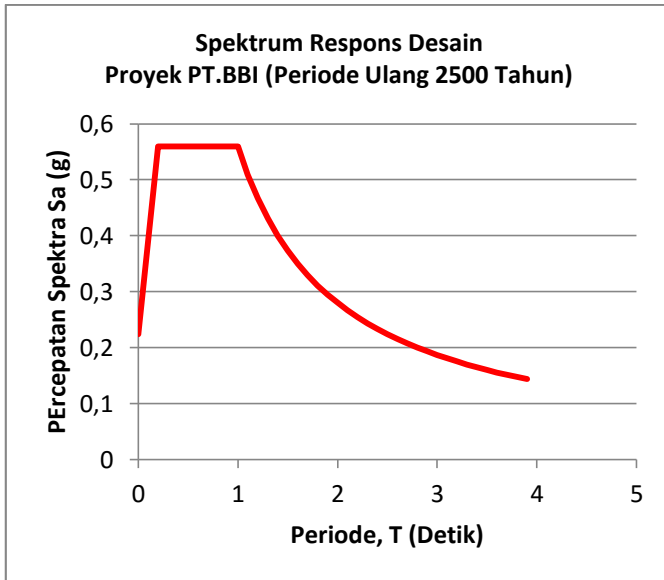
$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5.8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (5.9)$$

Dengan ketentuan persamaan diatas, didapat :

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,224
T0	0,20	0,560
Ts	1,00	0,560
Ts+0.1	1,10	0,509
Ts+0.2	1,20	0,467
Ts+0.3	1,30	0,431
Ts+0.4	1,40	0,400
Ts+0.5	1,50	0,373
Ts+0.6	1,60	0,350
Ts+0.7	1,70	0,329
Ts+0.8	1,80	0,311
Ts+0.9	1,90	0,295
Ts+1.0	2,00	0,280
Ts+1.1	2,10	0,267
Ts+1.2	2,20	0,255
Ts+1.3	2,30	0,243
Ts+1.4	2,40	0,233
Ts+1.5	2,50	0,224
Ts+1.6	2,60	0,215
Ts+1.7	2,70	0,207
Ts+1.8	2,80	0,200
Ts+1.9	2,90	0,193
Ts+2.0	3,00	0,187
Ts+2.1	3,10	0,181
Ts+2.2	3,20	0,175
Ts+2.3	3,30	0,170
Ts+2.4	3,40	0,165
Ts+2.5	3,50	0,160
Ts+2.6	3,60	0,156
Ts+2.7	3,70	0,151
Ts+2.8	3,80	0,147
Ts+2.9	3,90	0,144
4	4	0,140

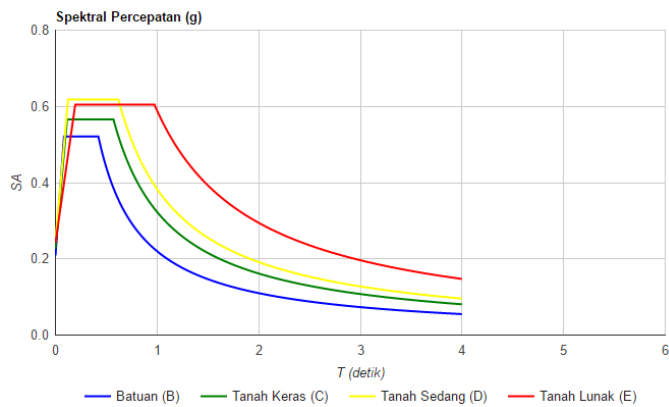




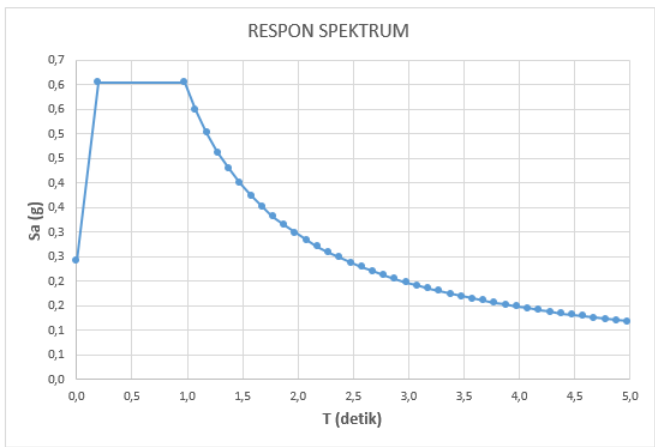
**Gambar 6.19 Grafik Respon Spektrum**

## 12. Analisa Desain Spektra Sesuai Puskim

Desain respon spektrum dapat juga melalui akses pada website Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman (PUSKIM). Berikut hasil analisa desain spektra sesuai dengan akses pada website puskim :



**Gambar 6.20 Grafik Respon Spektrum Website Puskim untuk Daerah Kota Surabaya**



**Gambar 6.21 Grafik Respon Spektrum dari Data Puskim**

Dapat digunakan grafik respon spektrum dengan nilai spektral percepatan  $S_a$  (g) terbesar sebagai input pada program bantu SAP 2000 antara perhitungan manual dengan perhitungan dari akses website puskim. Perencana menggunakan perhitungan manual sebagai acuan untuk input pada program bantu SAP 2000.

### 6.2.6 Arah Pembebanan

Beban gempa yang terjadi pada struktur memiliki arah yang tidak beraturan dan tidak terduga baik dalam arah x dan y. Untuk mensimulasikan arah dari pengaruh gempa yang terjadi, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama yang dianggap efektif 30%. Pembebanan gempa yang dimasukkan dalam program SAP 2000v14.2.2 merupakan metode pembebanan gempa dengan respon spektrum sehingga pilih *Load Case Type* dengan *Response Spectrum*.

Pembebanan gempa arah X :

$$U1 = 100\% \times g \times I/R = 100\% \times 9,81 \times (1/6) = 1,635$$

$$U2 = 30\% \times g \times I/R = 30\% \times 9,81 \times (1/6) = 0,491$$

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:  Set Def Name:  Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- ☒ CQC GMC I1:  GMC I2:  Periodic + Rigid Type:
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ CQC3
- ☐ Absolute
- Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPON SW	0.491
Accel	U1	RESPON SW	1.635
Accel	U2	RESPON SW	0.491

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping:

**Gambar 6.22 Pembebanan Gempa Arah X**

Pembebanan gempa arah Y :

U1 = 30% x g x I/R = 30% x 9,81x (1/6) = 0,491

U2 = 100% x g x I/R = 100% x 9,81x (1/6) = 1,635

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name  
QUAKE Y  
Set Def Name

Notes  
Modify/Show...

Load Case Type  
Response Spectrum  
Design...

Modal Combination  
☒ CQC  
☐ SRSS  
☐ Absolute  
☐ GMC  
☐ NRC 10 Percent  
☐ Double Sum

GMC f1 1.  
GMC f2 0.  
Periodic + Rigid Type SRSS

Directional Combination  
☒ SRSS  
☐ CQC3  
☐ Absolute  
Scale Factor

Modal Load Case  
Use Modes from this Modal Load Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	RESPON Sv	1,635
Accel	U1	RESPON SWB	0,491
Accel	U2	RESPON SWB	1,635

Add  
Modify  
Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters  
Modal Damping Constant at 0,05  
Modify/Show...

OK  
Cancel

Gambar 6.23 Pembebanan Gempa Arah Y

6.2.7 Analisis Modal

Analisis modal digunakan untuk menentukan ragam vibrasi struktur supaya dapat memahami perilaku struktur. Analisa modal menggunakan tipe analisis *Ritz Vecto*.

Load Case Data - Modal

Load Case Name MODAL	Set Def Name	Notes Modify/Show...	Load Case Type Modal	Design...												
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case		Type of Modes <input type="radio"/> Eigen Vectors <input checked="" type="radio"/> Ritz Vectors														
Number of Modes Maximum Number of Modes: 20 Minimum Number of Modes: 1																
Loads Applied																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Maximum Cycles</th> <th>Target Dynamic Participation Ratios (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accel</td> <td>UX</td> <td>0</td> <td>99,</td> </tr> <tr> <td>Accel</td> <td>UY</td> <td>0</td> <td>99,</td> </tr> </tbody> </table>	Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)	Accel	UX	0	99,	Accel	UY	0	99,				
Load Type	Load Name	Maximum Cycles	Target Dynamic Participation Ratios (%)													
Accel	UX	0	99,													
Accel	UY	0	99,													
<div> <div>Add</div> <div>Modify</div> <div>Delete</div> </div> <div> <div>OK</div> <div>Cancel</div> </div>																

**Gambar 6.24 Analisis Modal SAP 2000**

### 6.2.8 Kombinasi Pembebanan

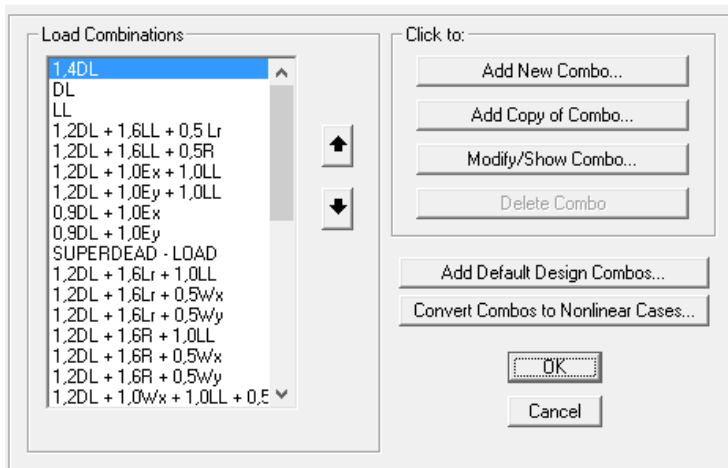
Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 :

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$  (Lr atau R)
3.  $1,2D + 1,6L + 0,5R$  (Lr atau R)
4.  $1,2D + 1,6Lr$  (Lr atau R) +  $1,0L$  (L atau  $0,5W$ )
5.  $1,2D + 1,6Lr$  (Lr atau R) +  $0,5W$  (L atau  $0,5W$ )
6.  $1,2D + 1,6R$  (Lr atau R) +  $1,0L$  (L atau  $0,5W$ )
7.  $1,2D + 1,6R$  (Lr atau R) +  $0,5W$  (L atau  $0,5W$ )
8.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr$  (Lr atau R)
9.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R$  (Lr atau R)
10.  $0,9D + 1,0W$
11.  $1,2D + 1,0EX + 1,0L$
12.  $1,2D + 1,0EY + 1,0L$

13.  $0,9D + 1,0EX$
14.  $0,9D + 1,0EY$
15.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 1,3EX + 1,0L$
16.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 1,3EY + 1,0L$
17.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,6H$   
 $\rightarrow 0,78D + 1,3EX + 1,6H$
18.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,6H$   
 $\rightarrow 0,78D + 1,3EY + 1,6H$
19.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\Omega_0)EX + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 2,5,0EX + 1,0L$
20.  $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\Omega_0)EY + 1,0L$   
 $\rightarrow 1,32D + 2,5,0EY + 1,0L$
21.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\Omega_0)EX + 1,6H$   
 $\rightarrow 0,78D + 2,5,0EX + 1,6H$
22.  $(0,9-0,2S_{DS})D + (1,0\Omega_0)EY + 1,6H$   
 $\rightarrow 0,78D + 2,5,0EY + 1,6H$

Keterangan :    D            : Beban Mati  
 Lr                : Beban Hidup pada Atap  
                      L                : Beban Hidup  
 R                : Beban Hujan  
                      W                : Beban Angin  
                      H                : Beban Lateral Tanah  
 E                : Beban Gempa

## Define Load Combinations



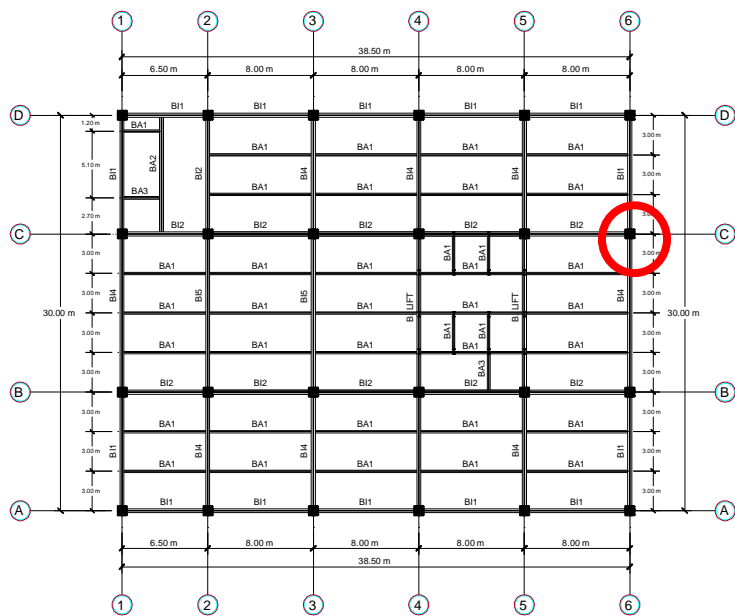
**Gambar 6.25 Beban Kombinasi Analisa Struktur SAP 2000**

## 6.2.9 Kontrol Penerimaan Pemodelan Struktur

### ○ Kontrol Beban Aksial Kolom Output SAP 2000

Kontrol ini membandingkan beban aksial beban aksial yang diterima kolom pada SAP 2000 dengan perhitungan manual. Batas selisih perbedaan antara hasil output SAP dan perhitungan manual sebesar 5%.

Adapun kolom yang ditinjau adalah sebagai berikut :



**Gambar 6.26 Kolom Yang Ditinjau Elemen Frame 1090**



**Tabel 6.6 Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup Lantai**

<b>Beban</b>	<b>Jumlah</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>Beban</b>	<b>Total Beban</b>
		<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>kg/m</b>	<b>kg/m</b>
<b><u>Beban Mati</u></b>						
Keramik	16	4	10,5	42	18	12096
Spesi Keramik	16	4	10,5	42	38	25536
ME	16	4	10,5	42	19	12768
Plafond	16	4	10,5	42	5	3360
Penggantung Plafond	16	4	10,5	42	10	6720
Pelat Lantai	15	4	10,5	42	312	196560
Air Hujan	1	4	4,5	18	110	1980
<b><u>Beban Hidup</u></b>						
Restoran (Sky Lounge)	1	4	10,5	42	520	21840
Restoran	1	4	10,5	42	520	21840
Hall / Lobby	1	4	10,5	42	520	21840
Kamar Hotel	10	4	10,5	42	520	218400
Ruang Hotel Lainnya	2	4	10,5	42	520	43680
<b>Total Beban</b>						<b>586620</b>

**Tabel 6.7 Perhitungan Beban Dinding**

<b>Jenis Dinding</b>	<b>Jumlah</b>	<b>L</b>	<b>Beban</b>	<b>Total Beban</b>
		<b>m</b>	<b>kg/m</b>	<b>kg</b>
Dinding 1A	5	4	198	3960
Dinding 1B	10	4	156	6240
Dinding 2A	5	10,5	198	10395
Dinding 2B	10	10,5	156	16380
<b>Total Beban</b>				<b>36975</b>

**Tabel 6.8 Perhitungan Beban Mati Balok**

Profil	Jumlah	L	Berat	Total Berat
		m	kg/m	kg
HY 450x300x12x22	16	4	143	9152
HY 450x300x12x22	16	10,5	143	24024
WF 350x175x7x11	16	4	50	3200
<b>Total Beban</b>				<b>36376</b>

**Tabel 6.9 Perhitungan Beban Mati Kolom**

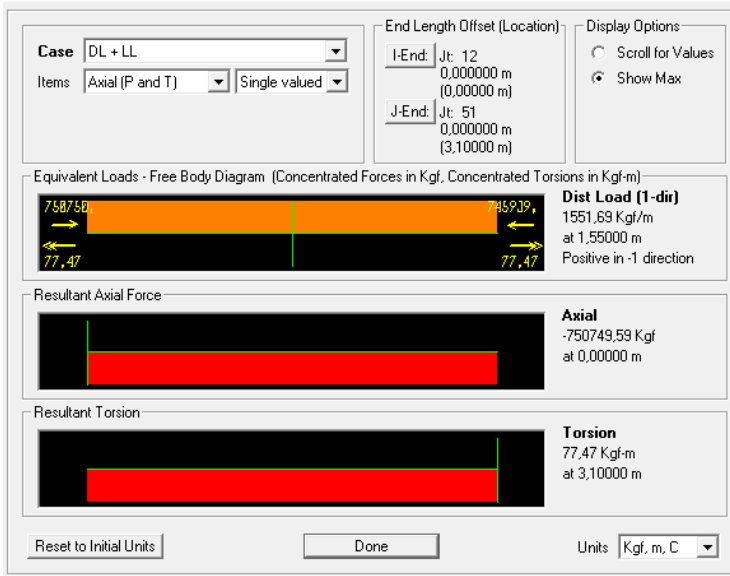
Kolom	Jumlah	Luasan	Tinggi	Berat	Total Berat
		m <sup>2</sup>	m	kg/m	kg
Selubung Beton	5	0,524	4	2400	25152
Selubung Beton	10	0,524	3,3	2400	41500,8
Selubung Beton	1	0,524	3,1	2400	3898,56
Profil KC 588x300x12x20	5		4	302	6040
Profil KC 588x300x12x20	10		3,3	302	9966
Profil KC 588x300x12x20	1		3,1	302	936,2
<b>Total Beban</b>					<b>87493,56</b>

**Tabel 6.10 Rekapitulasi Beban Aksial**

Jenis Beban	Berat
	kg
Beban Mati dan Hidup Lantai	586620,00
Beban Mati Dinding	36975,00
Beban Mati Balok	36376,00
Beban Mati Kolom	87493,56
<b>Total Beban</b>	<b>747464,56</b>

Maka total beban mati dan hidup dengan kombinasi DL + LL dari output SAP 2000 elemen frame 1090 adalah sebesar 750749,59 kg, sesuai dengan gambar di bawah ini.

Diagrams for Frame Object 1090 (KOMPOSIT 750)



**Gambar 6.27 Hasil Output Gaya Aksial pada Kolom Elemen Frame 1090**

Maka selisih antara perhitungan manual dengan hasil output SAP 2000 adalah sebagai berikut :

$$\frac{750749,59\text{kg} - 747464,56\text{kg}}{750749,59\text{kg}} \times 100\% = 0,44\% < 5\%$$

Pemodelan struktur dapat diterima karena hasil selisih perhitungan manual dengan hasil output SAP 2000 memiliki selisih 0,44% kurang dari yang disyaratkan 5%.

### 6.3 Kontrol Desain untuk Modal Respon Spektrum

#### 6.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut pasal 7.9.1 SNI 1726:2012 bahwa jumlah ragam yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual pada masing-masing arah. Hasil output partisipasi massa pada SAP 2000v14.2.2 dilihat pada mode ke-15 dengan arah Y sebesar 90,70% dan arah X sebesar 90,30% pada mode ke-16 seperti hasil output di bawah ini. Jadi, hasil output partisipasi massa pada SAP 2000v14.2.2 telah memenuhi persyaratan.

**Tabel 6.11 Hasil Output Partisipasi Massa Rasio**

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	1,611	0,690	0,001	0	0,690	0,001	0
2	1,501	0,001	0,713	0	0,691	0,714	0
3	1,233	0,022	0,000	0	0,712	0,714	0
4	0,999	0,000	0,001	0	0,713	0,715	0
5	0,592	0,000	0,000	0	0,713	0,715	0
6	0,497	0,123	0,000	0	0,836	0,716	0
7	0,484	0,000	0,122	0	0,836	0,838	0
8	0,353	0,000	0,010	0	0,836	0,848	0
9	0,340	0,000	0,000	0	0,836	0,848	0
10	0,320	0,000	0,003	0	0,836	0,851	0
11	0,287	0,012	0,000	0	0,849	0,851	0
12	0,265	0,023	0,000	0	0,872	0,851	0
13	0,256	0,000	0,032	0	0,872	0,883	0
14	0,203	0,011	0,000	0	0,882	0,883	0
15	0,186	0,000	0,024	0	0,882	0,907	0
16	0,169	0,020	0,000	0	0,903	0,907	0
17	0,129	0,000	0,025	0	0,903	0,932	0
18	0,115	0,023	0,000	0	0,925	0,932	0
19	0,057	0,000	0,043	0	0,925	0,975	0
20	0,047	0,047	0,000	0	0,972	0,975	0

### 6.3.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Berdasarkan persamaan 26 SNI 1726:2012, periode fundamental pendekatan struktur harus ditentukan dari:

$$T_a = C_t \cdot H_n^x$$

Struktur gedung Hotel Swiss Belinn dengan ketinggian 60,63 m menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentri (SRBK) sehingga pada tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai,

$$C_t = 0,0731$$

$$H_n = 60,68 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0731$$

$$X = 0,75$$

$$T_a = 0,0731 \times ((60,68)^{0,75})$$

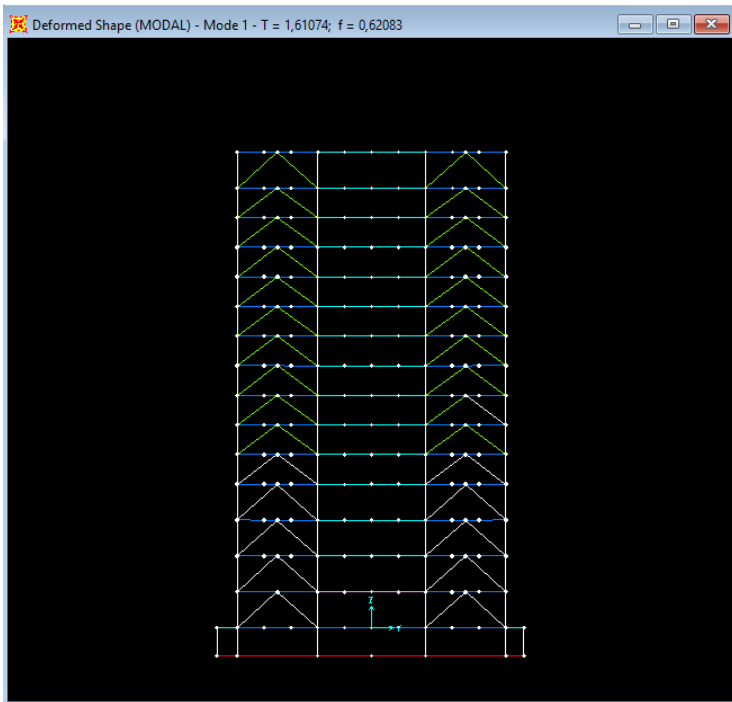
$$= 1,59\text{s}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 1726 : 2012 untuk nilai  $SD1 = 0,56$ , maka  $C_u = 1,4$  Sehingga didapatkan nilai,

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \times (1,59)$$

$$= 2.23\text{s}$$

Sedangkan periode yang didapatkan dari hasil output SAP 2000 adalah sebesar,  $T_c = 1,61$  pada mode pertama.



**Gambar 6.28 Periode Hasil Output SAP 2000  $T_c = 1,61$**

Maka batasan periode fundamental struktur  $T_c < C_u \cdot T_a$  “Terpenuhi” ( $1,61 < 2,23$ ). Sehingga periode fundamental struktur yang digunakan adalah  $T = 1,61$ .

#### Perhitungan Gaya Geser Dasar Gempa

Gaya geser dasar gempa ( $V$ ) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan berdasarkan SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.1 sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W$$

Nilai  $C_s$ , ditentukan sesuai pasal 7.8.1 SNI 1726 : 2012 berdasarkan persamaan berikut ini :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,56}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0935$$

Tetapi tidak perlu melebihi,

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,56}{1,61\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0325$$

Tetapi tidak perlu melebihi,

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot SDS \cdot I \\ &= 0,044 \cdot 0,56 \times 1 \\ &= 0,0247 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Jadi digunakan  $C_s = 0,0935$

Dari hasil output SAP 2000 kombinasi beban hidup dan beban mati tak terfaktor (DL +LL) didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= 218438,05 \text{ kN} \\ V &= C_s \cdot W \\ &= 0,0935 \times 218438,05 \text{ kN} \\ &= 20423,958 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kombinasi respon untuk geser dasar ragam harus lebih kecil dari 85% gaya geser dasar seismik (V), maka :

$$\begin{aligned} 0,85 \cdot V &= 0,85 \times 20423,958 \text{ kN} \\ &= 17360,364 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga hasil analisa gaya geser gempa dari SAP 2000 harus memenuhi  $V_c > 0,85V$ . Berikut ini merupakan hasil output SAP gaya geser akibat gempa arah X dan Arah Y :

Gempa X,	Global FX	= 9331,27 kN
	Global FY	= 3023,75 kN
Gempa Y,	Global FX	= 2812,22 kN
	Global FY	= 10037,74 kN

Maka :

Gempa arah X,

$$\begin{aligned} V_c &> 0,85V \\ 9331,27 \text{ kN} &< 17360,364 \text{ kN ( Tidak OK )} \end{aligned}$$

Gempa arah Y,

$V_c > 0,85V$

$10037,74 \text{ kN} < 17360,364 \text{ kN}$  ( Tidak OK )

Kontrol tersebut belum memenuhi syarat, Menurut SNI 1726 : 2012 pasal 7.9.4.1 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85% maka harus diperbesar dengan faktor skala

$0,85 \frac{C_z.W}{V}$ .

$FS_x = \frac{0,85.V}{V_c} = \frac{17360,364 \text{ kN}}{9331,27 \text{ kN}} = 1,90$  (Pengali U1)

$FS_x = \frac{0,85.V}{V_c} = \frac{17360,364 \text{ kN}}{10037,74 \text{ kN}} = 1,73$ (Pengali U2)

Maka dapat dimasukkan beban gempa arah X dan arah Y pada SAP 2000 sebagai berikut :

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name  
QUAKE X

Set Def Name

Notes  
Modify/Show...

Load Case Type  
Response Spectrum

Design...

Modal Combination

☒ CQC

GMC f1 1.

☐ SRSS

GMC f2 0.

☐ Absolute

Periodic + Rigid Type SRSS

☐ GMC

☐ NRC 10 Percent

☐ Double Sum

Directional Combination

☒ SRSS

☐ CQC3

☐ Absolute

Scale Factor

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case

MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPON S <sub>y</sub>	3,107
Accel	U1	RESPON SWB	3,107
Accel	U2	RESPON SWB	0,843

Add

Modify

Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping

Constant at 0.05

Modify/Show...

OK

Cancel

Gambar 6.29 Perbesaran Faktor Skala Gempa Arah X



Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name:  Set Def Name Modify/Show...

Notes

Load Case Type:  Design...

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1:  GMC f2:  Periodic + Rigid Type:

Directional Combination

☒ SRSS ☐ CQC3 ☐ Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	RESPON SV	0,933
Accel	U1	RESPON SWB	0,933
Accel	U2	RESPON SWB	2,823

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:  Modify/Show...

OK Cancel

**Gambar 6.30 Perbesaran Faktor Skala Gempa Arah Y**

Berikut ini adalah hasil output SAP 2000 gaya geser dasar gempa setelah perbesaran faktor skala gempa arah X dan arah Y :

Gempa X,      Global FX      = 17732,19 kN  
    Global FY      = 5231,82 kN

Gempa Y,      Global FX      = 5340,53 kN  
    Global FY      = 17368,14 kN

Maka :

Gempa arah X,

$V_c > 0,85V$   
 17732,19 kN > 17360,364 kN ( OK )

Gempa arah Y,

$V_c > 0,85V$   
 17368,14 kN > 17360,364 kN ( OK )

### 6.3.3 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus,

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = (C_d \times \delta e_1) / I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (C_d \times (\delta e_2 - \delta e_1)) / I$$

Dimana :

$\delta e_1$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta e_2$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Dari hasil analisis dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi sehingga kontrol simpangan menurut SNI 1726 : 2012 dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 6.12 Simpangan Arah X**

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	$\delta e_i$	$\delta i$	$\delta e_i - \delta e(i-1)$	$\Delta i$	$\Delta a$	Ket
			(dari SAP)	(Cd. $\delta e_i/I_e$ )		$(\delta e_i - \delta e(i-1)) \cdot Cd/I_e$	0.020 h <sub>sx</sub>	$\Delta i < \Delta a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	60,68	4,68	62,39	343,145	10,75	59,125	72,000	OK
FFL	56,00	3,00	51,64	284,020	1,28	7,040	46,154	OK
LT. ATAP 8	53,00	4,00	50,36	276,980	1,46	8,030	61,538	OK
LT. 14	49,00	3,30	48,90	268,950	1,13	6,215	50,769	OK
LT. 13	45,70	3,30	47,77	262,735	1,48	8,140	50,769	OK
LT. 12	42,40	3,30	46,29	254,595	1,80	9,900	50,769	OK
LT. 11	39,10	3,30	44,49	244,695	2,14	11,770	50,769	OK
LT. 10	35,80	3,30	42,35	232,925	4,25	23,375	50,769	OK
LT. 9	32,50	3,30	38,10	209,550	0,93	5,115	50,769	OK
LT. 8	29,20	3,30	37,17	204,435	3,01	16,555	50,769	OK
LT. 7	25,90	3,30	34,16	187,880	3,26	17,930	50,769	OK
LT. 6	22,60	3,30	30,90	169,950	3,54	19,470	50,769	OK
LT. 5	19,30	3,30	27,36	150,480	3,87	21,285	50,769	OK
LT. 4	16,00	4,00	23,49	129,195	5,36	29,480	61,538	OK
LT. 3	12,00	4,00	18,13	99,715	5,78	31,790	61,538	OK
LT. 2	8,00	4,00	12,35	67,925	5,64	31,020	61,538	OK
LT. MEZZ	4,00	4,00	6,71	36,905	4,81	26,455	61,538	OK
LT. 1	0,00	3,10	1,90	10,450	1,90	10,450	47,692	OK
SEMI BASEMEN	-3,10	3,10	0,00	0,000	0,00	0,000	47,692	OK

Tabel 6.13 Simpangan Arah Y

Lantai	Elevasi	tinggi antar tingkat	$\delta e_i$	$\delta i$	$\delta e_i - \delta e(i-1)$	$\Delta i$ ( $\delta e_i - \delta e(i-1)$ ) Cd/Ie	$\Delta a$ (0,020 h s <sub>y</sub> )	Ket
			dari SAP	(Cd. $\delta e_i / I_e$ )				$\Delta i < \Delta a$
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
ATAP	60,68	4,68	87,25	479,875	-0,39	-2,145	72,000	OK
FFL	56,00	3,00	87,64	482,020	-1,47	-8,085	46,154	OK
LT. ATAP 8	53,00	4,00	89,11	490,105	1,55	8,525	61,538	OK
LT. 14	49,00	3,30	87,56	481,580	1,62	8,910	50,769	OK
LT. 13	45,70	3,30	85,94	472,670	2,21	12,155	50,769	OK
LT. 12	42,40	3,30	83,73	460,515	2,79	15,345	50,769	OK
LT. 11	39,10	3,30	80,94	445,170	3,32	18,260	50,769	OK
LT. 10	35,80	3,30	77,62	426,910	4,23	23,265	50,769	OK
LT. 9	32,50	3,30	73,39	403,645	3,89	21,395	50,769	OK
LT. 8	29,20	3,30	69,50	382,250	4,73	26,015	50,769	OK
LT. 7	25,90	3,30	64,77	356,235	5,16	28,380	50,769	OK
LT. 6	22,60	3,30	59,61	327,855	5,57	30,635	50,769	OK
LT. 5	19,30	3,30	54,04	297,220	6,10	33,550	50,769	OK
LT. 4	16,00	4,00	47,94	263,670	10,05	55,275	61,538	OK
LT. 3	12,00	4,00	37,89	208,395	10,74	59,070	61,538	OK
LT. 2	8,00	4,00	27,15	149,325	11,18	61,490	61,538	OK
LT. MEZZ	4,00	4,00	15,97	87,835	11,12	61,160	61,538	OK
LT. 1	0,00	3,10	4,85	26,675	4,85	26,675	47,692	OK
SEMI BASEMENT								
T	-3,10	3,10	0,00	0,000	0,00	0,000	47,692	OK

## 6.4 Pemilihan Sistem Struktur

Pemilihan Sistem Struktur pada Steel Frame Design program SAP 2000v14.2.2 dengan cara memilih Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB) pada Framing Type “OCBF” Ordinary Concentrically Braced Frame, pada gambar di bawah ini.

Steel Frame Design Preferences for AISC-LRFD99

	Item	Value
1	Design Code	AISC-LRFD99
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Framing Type	OCBF
4	Seismic Design Category	D
5	Phi (Bending)	0.9
6	Phi (Compression)	0.85
7	Phi (Tension-Yielding)	0.9
8	Phi (Tension-Fracture)	0.75
9	Phi (Shear)	0.9
10	Phi (Shear-Torsion)	0.75
11	Phi (Compression, Angle)	0.9
12	Ignore Seismic Code?	No
13	Ignore Special Seismic Load?	No
14	Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
15	Consider Deflection?	No
16	DL Limit, L /	120,
17	Super DL+LL Limit, L /	120,
18	Live Load Limit, L /	360,
19	Total Limit, L /	240,
20	Total-Camber Limit, L /	240,
21	Pattern Live Load Factor	0.75
22	Demand/Capacity Ratio Limit	0.95

Item Description

Set To Default Values

Reset To Previous Values

Explanation of Color Coding for Values:

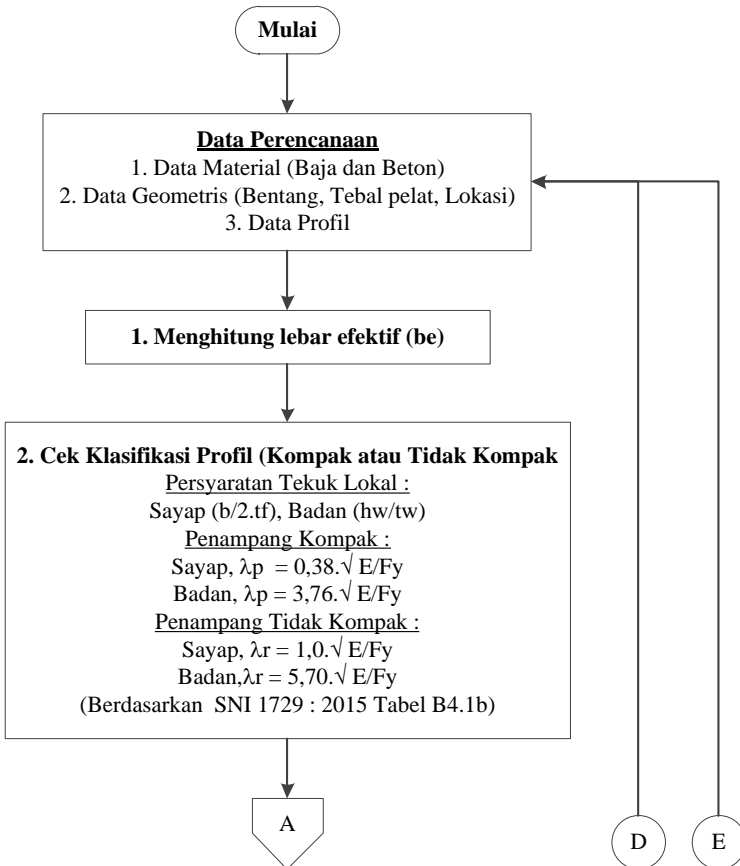
**Blue:** Default Value  
**Black:** Not a Default Value  
**Red:** Value that has changed during the current session

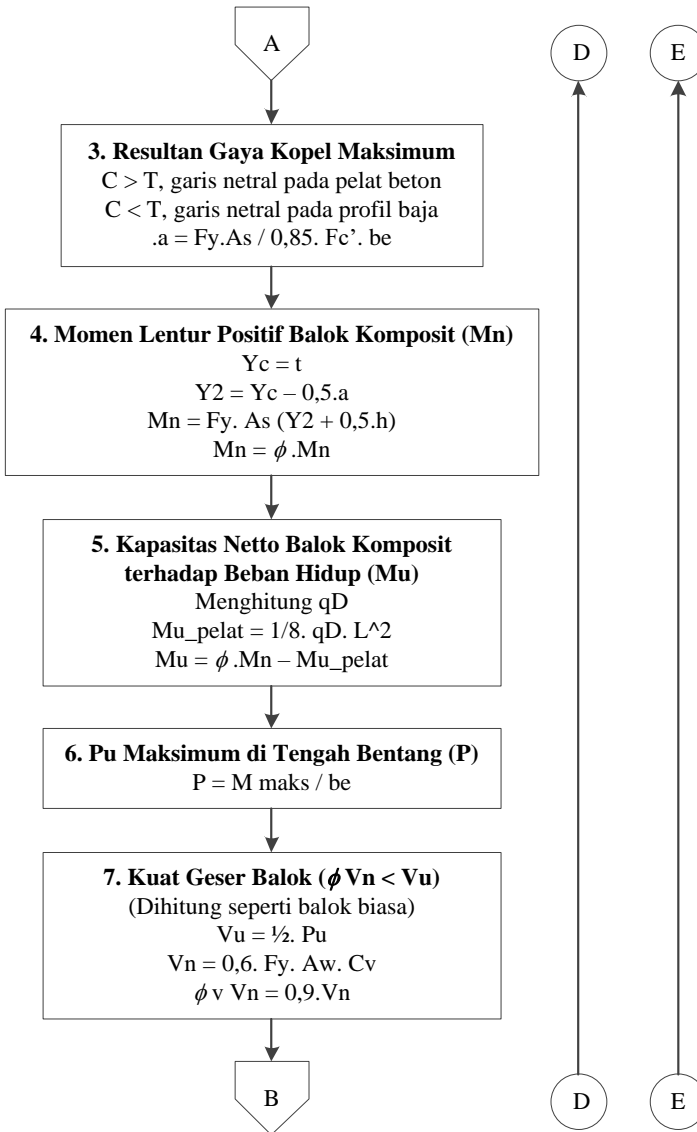
## **BAB VII**

### **DESAIN STRUKTUR PRIMER**

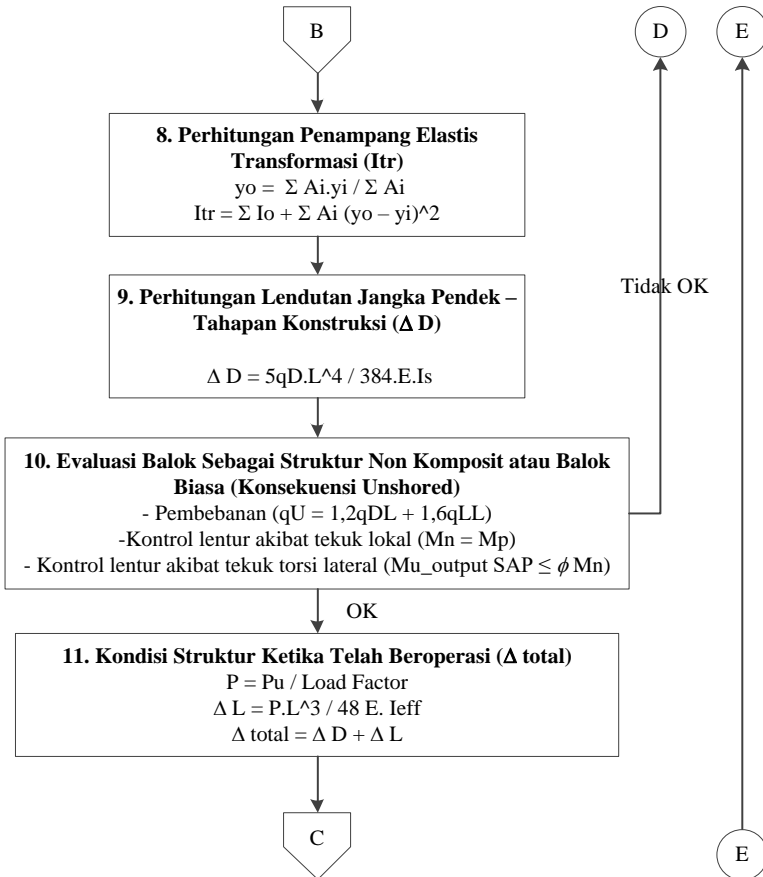
#### **7.1 Perencanaan Balok Melintang (Arah X)**

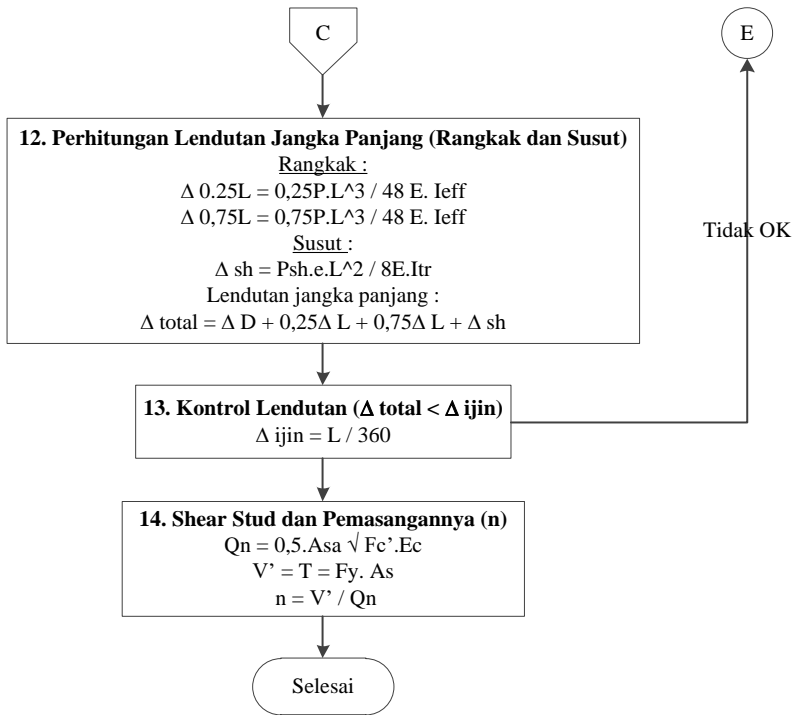
Balok induk direncanakan sebagai balok komposit. Fungsidaribalokindukadalahsebagai struktur utama yang menerima beban dari balok anak dan pelat lantai. Balok induk didesain sebagai struktur utama yang menerima beban lateral akibat gempa bumi.











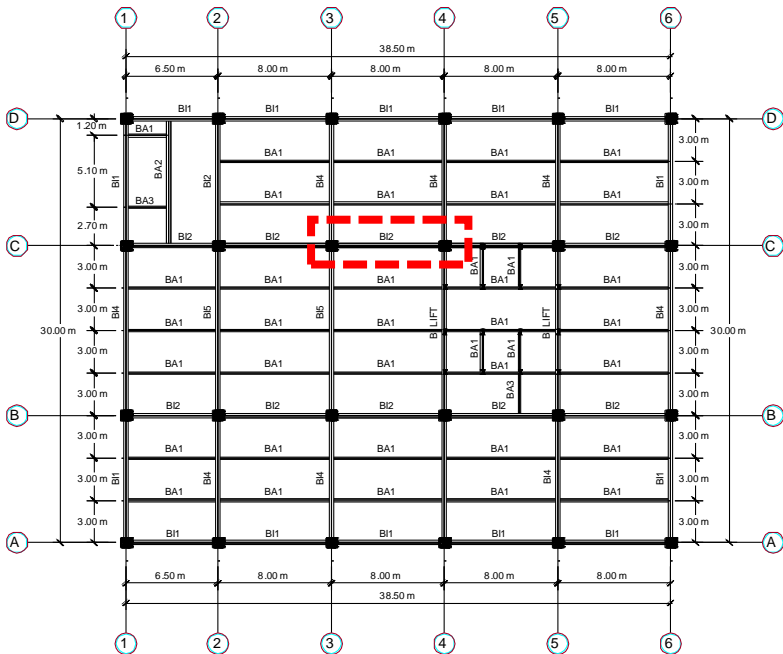
**Gambar 7.1 Diagram Alir Perencanaan Balok Komposit**

### 7.1.1 Balok Induk HY 450x300x12x25 (Arah X)

Balokinduk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 612 yang berlokasi di lantai 9 elevasi + 32.50 .

#### o Data Perencanaan

#### e. Data Geometris

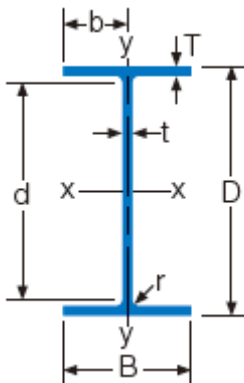


**Gambar 7.2** Balok induk elemen frame 612 yang berlokasi di lantai 9 elevasi + 32.50 .

## f. Data Material

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat (tp)	=	0,13	m

## 5. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 450 x 300 x 12 x 25										
W	=	157	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)
A	=	199,4	mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	74800	cm <sup>4</sup>		=	400 mm
d	=	450	mm	I <sub>y</sub>	=	11300	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	194	cm		=	48 cm <sup>2</sup>
tw	=	12	mm	i <sub>y</sub>	=	751	cm	bf/2.t	=	6 mm
tf	=	25	mm	S <sub>x</sub>	=	3320	cm <sup>3</sup>			

○ **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.

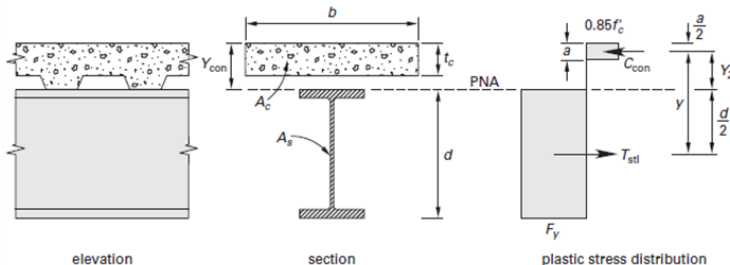
:

Momen maksimum = 47470,31 kg.m = 465,68 kN.m

Gaya geser maksimum = 29430,44 kg = 288,71 kN

## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

Panjang bentang = 12.00 m

Lebar efektif,  $b_e = 8.00 \text{ m}$

## 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
---	---

Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $b_f / 2 \cdot t_f = 300 \text{ mm} / 2 \times 25 \text{ mm}$   
 $= 6,00 < 10,748$  (**Sayap kompak**)
- Badan :  
 $\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$   
 $= 374,00 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$   
 $= 31,167 < 28,284$  (**Badan kompak**)

Kesimpulan : Profil HY 450x300x12x25 adalah **“Penampang Kompak”**.

## 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot (12000 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 39780000 \text{ N} \\
 &= 39780 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned} T &= F_y \cdot A_s \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot 19940 \text{ mm}^2 \\ &= 4985000 \text{ N} \\ &= 4985 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton”** bertulang.

$$\begin{aligned} a &= \frac{F_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e} \\ a &= \frac{250 \text{ Mpa} \cdot 19940 \text{ mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 12000 \text{ mm}} = 16,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$\begin{aligned} Y_c &= t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm} \\ Y_2 &= Y_c - 0,5a \\ &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 16,29 \text{ mm}) \\ &= 121,8545752 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot 19940 \text{ mm}^2 \cdot (121,8546 \text{ mm} + 0,5 \cdot 450 \text{ mm}) \\ &= 1729070057 \text{ N.mm} \\ &= 1729,070 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 1729,070 \text{ kN.m} \\ &= 1556,163 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

$$\begin{aligned} \text{Beban pelat (super dead)} &: (q_{sd} \times b_e) = 3708,000 \text{ kg/m} \\ \text{Berat bondex} &: (b_{ondex} \times b_e) = 121,200 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat} &: (q_{\text{pelat}} \times t_p \times b_e) \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
 & & = 3744,000 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat balok baja} & : & = 157,000 \text{ kg/m} \\
 \pm & & \\
 & \text{Qu} & = 7730,200 \text{ kg/m} \\
 & & = 75,833 \text{ kN/m}
 \end{array}$$

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 1,2 \times Q \\
 &= 1,20 \times 75,833 \text{ kN/m} \\
 &= 91,000 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned}
 M_{u\_pelat} &= 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2 \\
 &= 0,125 \times 91,00 \text{ kN/m} \times (8,0 \text{ m})^2 \\
 &= 727,999 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \cdot M_n - M_{u\_pelat} \\
 &= 1556,163 \text{ kN.m} - 727,999 \text{ kN.m} \\
 &= 828,164 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### **6. Pu Maksimum di Tengah Bentang, Mu = 866,26 kN.m**

Jika  $P = P_u$ ,  $M_{maks} = M_u$  dan  $M_{maks} = 12,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M_{maks}}{12,0} = \frac{828,164 \text{ kN.m}}{12,0} = 69,014 \text{ kN}$$

#### **7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2 \cdot P_u) = 34,507 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 34,507 \text{ kN}$$

(Maka digunakan  $V_u = 34,507 \text{ kN}$ )

$$\begin{aligned}
 h_w / t_w &= 450 \text{ mm} / 12 \text{ mm} \\
 &= 42,429
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 69,570 \\
 1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 86,646
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai Cv	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 4800 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 720000 \text{ N} \\
 &= 720,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 720000 \text{ N} \\
 &= 648000 \text{ N} \\
 &= 648,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 648,00 &> 34,507 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 69,014 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

### 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal wc antara 1440 s/d 2550 kg/m<sup>3</sup>, maka :

$$n = \frac{E}{E_{concrete}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

n : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{12000 \text{ mm}}{7,77} = 1544,6 \text{ mm} \sim 1515 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang	b mm	h mm	Ai cm <sup>2</sup>	yi cm	Ai x yi cm <sup>3</sup>	I <sub>o</sub> cm <sup>4</sup>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	1545	130	2008,0	6,5	13051,7	28278,6	4194,7	9,0
2	Profil WF	300	450	199,4	23	4486,5	74800,0	42240,5	91,0
Σ				2207,4		17538,2	103078,6	46435,1	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{17538180,823}{220735,090} = 79,45352 \text{ mm}$$

Keterangan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\
 I_{tr} &= 1030786417,827 \text{ mm}^4 + 464351475,801 \text{ mm}^4 \\
 &= 1495137893,628 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

### Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka

pendekmemperlihatkan bahwa momen iersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$ atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistik (Dewobroto,2016).

$$\begin{aligned} I_{eff} &= 0,75. I_{equiv} \\ &= 0,75 \times 1495137893,628 \text{ mm}^4 \\ &= 1121353420,221 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

## 9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $q_D$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat betonsegar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} q_D &= (\text{berat pelat}) + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 12,00 \text{ m} \times 0,13 \text{ m}) + 157 \text{ kg} \\ &= 3901,000 \text{ kg/m} \\ &= 38,269 \text{ kN/m} = 38,269 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 8 m

$$\begin{aligned} \Delta_D &= \frac{5.q_D.L^4}{384.E.I_{baja}} \\ \Delta_D &= \frac{5 \times 38,269 \text{ N.mm} \times (8000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times (748000000) \text{ mm}^4} = 13,643 \text{ mm} \end{aligned}$$

( Aksi Non Komposit )

## 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )
  - $M_n = M_p$
  - $M_p = F_y. Z_x$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f \\
 h_w &= d - 2 \cdot t_f \\
 &= 450 - 2 \cdot 25 \text{ mm} \\
 &= 400,00 \\
 h_f &= h - t_f \\
 &= 450 - 25 \\
 &= 425,00 \\
 Z_x &= 480000 \text{ mm}^3 + 3187500,000 \text{ mm}^3 \\
 &= 3667500,000 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x \\
 M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 3667500,000 \text{ mm}^3 \\
 &= 916875000 \text{ N.mm} \\
 &= 916,88 \text{ kN.m} > 94,37 \text{ ton.m} \\
 &\text{ ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0,9 \cdot M_n \\
 &= 0,9 \times 916,88 \text{ kN.m} \\
 &= 825,1875 \text{ kN.m} > 47,47 \text{ ton.m} \\
 &\text{ ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Atau,

$$\begin{aligned}
 FK &= M_u / (M_u \text{ output SAP}) \\
 &= 825,1875 \text{ kN.m} / 47,47 \text{ kN.m} \\
 &= 17,4 > 1 \text{ ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral,

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm (jarak antar shear connector)}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1,76 \times 13 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\
 &= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{300mm}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 450mm \times 14mm}{6 \times 300 \times 28mm} \right)}} = 647,144mm$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  **(Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015)**

$$Lr = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2} + 6,76 \left( \frac{0,7F_y}{E} \right)^2$$

Dimana :

Konstanta torsi,

4

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2 \cdot tf \\ &= 450 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm} \\ &= 400,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{x \cdot h_o} &= 3320000 \text{ mm}^3 \times 400,00 \text{ mm} \\ &= 1328000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$Lr = 1,95 \times 81,83171 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{3369800,00}{1328000000} + \left( \frac{3369800,00}{1328000000} \right)^2} + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2 \\ &= 9812,932 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $Lr > Lb$  atau  $9812,932 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$Cb = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai Cb dihitung sebagai berikut :  
 (Nilai MA, MB, MC diambil dari Output SAP 2000)  
 Lb = 100 mm = 0,1 m  
 MA = 5431,960 kg.m = 53287527,6 N.mm  
 MB = 11178,080 kg.m = 109656964,8 N.mm  
 MC = 10386,220kg.m = 101888818,2 N.mm  
 Mmax = MC

$$Cb = \frac{12,5x(11178,08)}{(2,5x11178,080) + (3x5431,96) + (4x11178,080) + (3x10386,22)}$$

$$Cb = 1,163$$

$$Fcr = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$Fcr = \frac{1,163x3,14^2x200000}{\left(\frac{100}{81,83171}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{3369800,00}{1328000000} \left(\frac{100}{81,83171}\right)^2}$$

$$Fcr = 1536339,922 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$M_n = M_p$$

$$= 916875000 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 825187500$$

N.mm

Syarat,

$$M_u (\text{output SAP}) \leq \phi M_n$$

$$833151528,00 \text{ N.mm} \leq 825187,5 \text{ kN.m} ( \text{Memenuhi} )$$

Demand capacity ratio (R).

$$R = \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}}$$

$$= 0,564 < \text{Max}(0,7)$$

( Memenuhi )

#### 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{69,014 \text{ kN}}{1,6} = 43,134 \text{ kN}$$

$$\Delta L = \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}}$$

$$= \frac{43133,52793 \text{ N.mm} \times 8000^3}{48 \times 200000 \times 2644844336,892}$$

$$= 2,051 \text{ mm} \quad ( \text{Aksi Komposit} )$$

$$\Delta_{total} = \Delta D + \Delta L$$

$$= 13,643 \text{ mm} + 2,051 \text{ mm}$$

$$= 15,695 \text{ mm}$$

## 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto,2016).

### o Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} v_t &= 0,96 \cdot v_u \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315 \text{ Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis transformasi dengan rangkak, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :



$$n = \frac{Es}{Ee} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{7906,315 \text{ Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{be}{n} = \frac{12000 \text{ mm}}{25,3} = 474 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang	b mm	h mm	Ai cm <sup>2</sup>	yi cm	Ai x yi cm <sup>3</sup>	I <sub>o</sub> cm <sup>4</sup>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	474	130	616,693	6,5	4008,501	8685,1	30962,5	24,4
2	Profil WF	300	450	199,400	36	7078,700	74800,0	95759,0	75,6
Σ				816,093		11087,201	83485,1	126721,5	100,0

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\sum A_i \cdot y_i = 11087201,481 \text{ cm}^3$$

$$\sum A_i = 66372,836 \text{ cm}^2$$

$$y_o = \frac{11087201,481}{81609,254} = 135,85716 \text{ mm}$$

Catatan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$I_{tr} = \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2$$

$$= 834850865,426 \text{ mm}^4 + 1267215382,103 \text{ mm}^4$$

$$= 2102066247,529 \text{ mm}^4$$

$$\text{Beban hidup, } P = P_u / LF = 101,944 \text{ kN}$$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinyu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkai. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkai dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,25 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\begin{aligned}\Delta_{0,25L} &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,25 \times 43133,52793N) \times (8000mm)^3}{48 \times 200000 \times (2102066247,529)} \\ &= 0,2736mm \text{ ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 I equiv tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}\Delta_{0,75L} &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,75 \times 43133,52793N) \times (8000mm)^3}{48 \times 200000Mpa \cdot (1121353420,221)} \\ &= 1,54mm \text{ ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

- Shrinkage (Susut),  
perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).  
 $P_{sh} = \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c$

$$\begin{aligned}
 &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\
 \text{mm}) & \\
 &\times 12000 \\
 &= 803,1804\text{N} \\
 &= 8031,804\text{kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 79,454\text{mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 14,4535\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{PSh.e.L^2}{8.E.Itr} \\
 &= \frac{8031803,583 \times 14,453524 \text{ mm} \times (8000 \text{ mm})^2}{8 \times 200000 \text{ N} / \text{mm}^2 \times (2102066247,529) \text{ mm}^4} \\
 &= 5,04 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta_D + \Delta_{0,25L} + \Delta_{0,75L} + \Delta_{sh} \\
 &= 13,64\text{mm} + 0,2736\text{mm} + 1,54\text{mm} + 2,21\text{mm} \\
 &= 17,664\text{mm}
 \end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

#### Kontrol lendutan,

$$\Delta_{total} = 17,664\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= L/360 \\
 &= 8000 \text{ mm} / 360 \\
 &= 22,222 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{max} &< \Delta_{ijin} \\
 17,664\text{mm} &< 22,222 \text{ mm ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

#### 14. *Shear-Stud dan Pemasangannya*

Tebal pelat dasar = 25 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$\varnothing$  stud  $\leq 2,5 \times$  tebal pelat dasar

$\varnothing$  stud maksimum =  $2,5 \times 25$  mm

= 70 mm

$\varnothing$  stud digunakan = 22 mm

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c'} \cdot E_c \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u$$

$$A_s = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} =$$

$$25742,9602 \text{ Mpa}$$

$$0,5 A_{sa} \sqrt{f_c'} \cdot E_c = 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times$$

$$25742,9602 \text{ Mpa}$$

$$= 166945,567 \text{ N}$$

$$= 166,946 \text{ kN}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u = 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa}$$

$$= 116831,6 \text{ N}$$

$$= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN}$$

Maka yang digunkana adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$V' = T = F_y \cdot A_s$$

$$= 250 \text{ Mpa} \times 19940 \text{ mm}^2$$

$$= 4985000 \text{ N}$$

$$= 4985 \text{ kN}$$

Gaya geser output SAP = 288,712 kN, maka digunakan 4985kN.

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$n = V' / Q_n$$

$$= 4985 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN}$$

$$= 42,66 \text{ buah} \sim 43 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}$$

**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 86 \varnothing 22 \text{ mm}$**

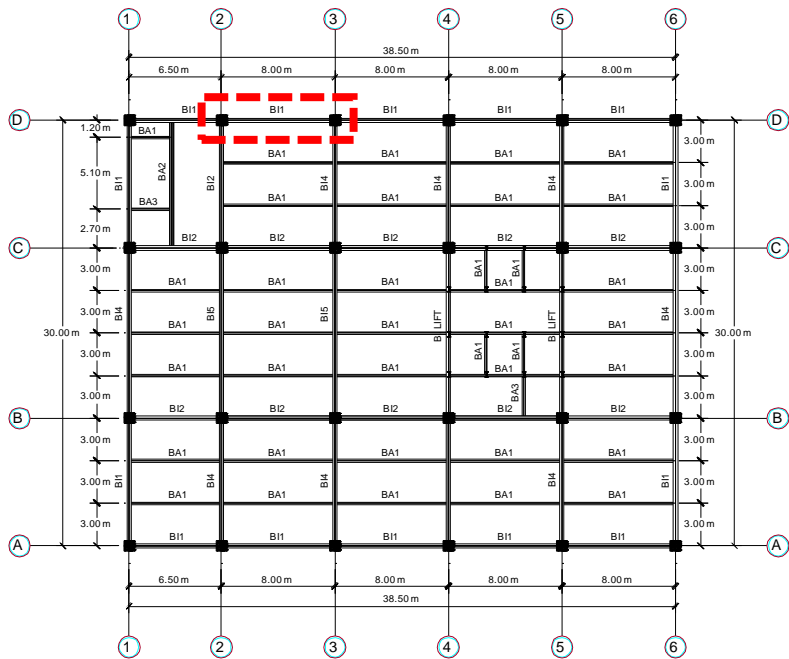
### **7.1.2 Balok Induk HY 450x300x12x22 (Arah X)**

Balok induk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 371 yang berlokasi di lantai 8 elevasi + 29.20 .

#### **o Data Perencanaan**

Balok induk lantai Hotel Swiss Belinn direncanakan berdasarkan data geometris, data material dan data profil yang digunakan sebagai berikut :

a. Data Material

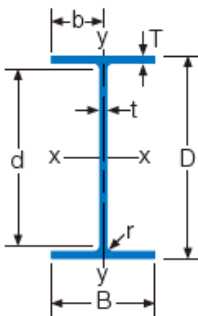


**Gambar 7.3** Balok induk elemen frame 371 yang berlokasi di lantai 8 elevasi + 29.20

## b. Data Geometris

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat (tp)	=	0,13	m

## c. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

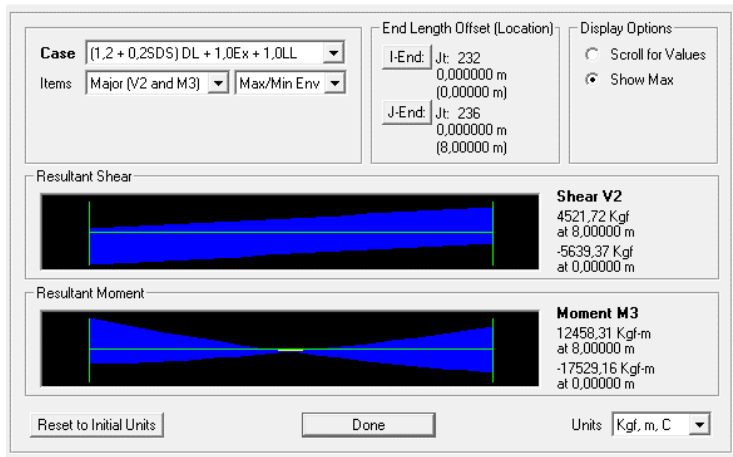
Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 450 x 300 x 12 x 22											
W	=	143	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	182,2	mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	67800	cm <sup>4</sup>		=	400	mm
d	=	450	mm	I <sub>y</sub>	=	9910	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	193	cm		=	48,7	cm <sup>2</sup>
tw	=	12	mm	i <sub>y</sub>	=	737	cm	bf/2.tf	=	6,82	mm
tf	=	22	mm	S <sub>x</sub>	=	3010	cm <sup>3</sup>				

○ **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.

Diagrams for Frame Object 371 (H 450 X 300 X 12 X 22)



**Gambar 7.4 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 371**

Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

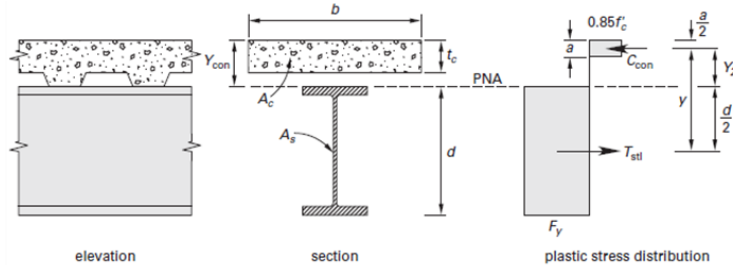
$$\text{Momen maksimum} = 17529,16 \text{ kg.m} = 171,96 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gaya geser maksimum} = 5639,37 \text{ kg} = 55,32 \text{ kN}$$



## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

Panjang bentang = 8.00 m

Lebar efektif,  $b_e$  = 9.00 m

### 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{410 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
---	---

Kontrol penampang,

- Sayap :  

$$bf / 2.t_f = 300 \text{ mm} / 2 \times 22 \text{ mm}$$

$$= 6,818 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$
- Badan :  

$$\{d-(2t_f+2r)\}/t_w = h_w / t_w$$

$$= 380 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$$

$$= 31,667 < 28,284 \text{ ( Badan kompak )}$$

Kesimpulan : Profil HY 450x300x12x22 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85.f_c'.A_c \\
 &= 0,85. 30 \text{ Mpa. (9000 mm x 130 mm)} \\
 &= 29835000 \text{ N} \\
 &= 29835 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}
 T &= F_y. A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa. } 18220 \text{ mm}^2 \\
 &= 4555000 \text{ N} \\
 &= 4555 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton”** bertulang.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{F_y. A_s}{0,85. f_c'. b_e} \\
 a &= \frac{410 \text{ Mpa. } 33780 \text{ mm}^2}{0,85. 30 \text{ Mpa. } 4000 \text{ mm}} = 19,85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$\begin{aligned}
 Y_c &= t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm} \\
 Y_2 &= Y_c - 0,5a \\
 &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 19,85 \text{ mm}) \\
 &= 120,08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\
 &= 250 \text{ Mpa} \cdot 18220 \text{ mm}^2 \cdot (120,08 \text{ mm} + 0,5 \cdot 450 \text{ mm}) \\
 &= 1571822331 \text{ N.mm} \\
 &= 1571,82 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \times 1571,82 \text{ kN.m} \\
 &= 1414,64 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

#### Beban mati,

$$\begin{aligned}
 \text{Beban pelat (super dead)} &: (q_{sd} \times b_e) = 2781,0 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat bondex} &: (b_{ondex} \times b_e) = 90,9 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat} &: (q_{\text{pelat}} \times t_p \times b_e) \\
 &= 2808,0 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat balok baja} &: \quad \quad \quad = 143,0 \text{ kg/m} + \\
 &\quad \quad \quad Q_u = 5822,9 \text{ kg/m} \\
 &\quad \quad \quad = 57,12 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 1,2 \times Q_u \\
 &= 1,2 \times 57,12 \text{ kN/m} \\
 &= 68,55 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

#### Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned}
 M_{u\_pelat} &= 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2 \\
 &= 0,125 \times 68,55 \text{ kN/m} \times (8,0 \text{ m})^2 \\
 &= 548,38 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \cdot M_n - M_{u\_pelat} \\
 &= 1414,64 \text{ kN.m} - 548,38 \text{ kN.m} \\
 &= 866,26 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

### 6. $P_u$ Maksimum di Tengah Bentang, $M_u = 866,26 \text{ kN.m}$

Jika  $P = P_u$ ,  $M \text{ maks} = M_u$  dan  $M \text{ maks} = 9P$ , maka :

$$P = \frac{M \text{ max}}{4} = \frac{5342,42 \text{ kN.m}}{4} = 96,25 \text{ kN}$$

### 7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2.P_u) = 48,13 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 55,32 \text{ kN}$$

(Maka digunakan  $V_u = 55,32 \text{ kN}$ )

$$h_w / t_w = 450 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$$

$$= 37,5$$

$$1,10\sqrt{k_v.E / F_y} = 1,10\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 410 \text{ Mpa}}$$

$$= 69,75$$

$$1,37\sqrt{k_v.E / F_y} = 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 410 \text{ Mpa}}$$

$$= 86,645$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

	Persamaan	Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v.E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
( ii )	$1,10\sqrt{k_v.E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v.E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v.E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v.E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v.E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 4872 \text{ mm}^2 \times 1$$

$$= 730800 \text{ N}$$

$$= 730,80 \text{ kN}$$

$$\phi_v V_n = 0,9 \times 730,80 \text{ kN}$$

$$= 657,72 \text{ kN}$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

$$657,72 \text{ kN} > 55,32 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 96,25 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

## 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{9000 \text{ mm}}{7,77} = 1158,4 \text{ mm} \sim 1200 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang g	b mm	h mm	$A_i$ $\text{cm}^2$	$y_i$ cm	$A_i \times y_i$ $\text{cm}^3$	$I_o$ $\text{cm}^4$	$A_i \times (y_o - y_i)^2$ $\text{cm}^4$	%
1	Pelat	1158	150	1737,6	7,5	13032,4	32580,9	3521,3	9,5
2	Profil WF	300	450	182,2	23	4099,5	67800,0	33583,1	90,5
$\Sigma$				1919,8		17131,9	100380,9	37104,4	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{18459,7 \times (10^3) \text{ mm}^3}{1110,1 \times (10^2) \text{ mm}^2} = 82,27 \text{ mm}$$

Keterangan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\ I_{tr} &= 89008,98 (10^4) \text{ mm}^4 + 41609,09 (10^4) \text{ mm}^4 \\ &= 130618,07 (10^4) \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

### **Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen iersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistik (Dewobroto, 2016).

$$\begin{aligned} I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{equiv} \\ &= 0,75 \times 130618,07 (10^4) \text{ mm}^4 \\ &= 97963,56 (10^4) \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

## **9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)**

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $q_D$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat beton segar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} q_D &= \text{berat pelat} + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 9,0 \text{ m} \times 0,13 \text{ m}) + 143 \text{ kg} \\ &= 2951,00 \text{ kg/m} \\ &= 28,95 \text{ kN/m} = 28,95 \text{ N/mm} \\ \text{Panjang bentang} &= 8,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta D = \frac{5.qD.L^4}{384.E.I_{baja}}$$

$$\Delta D = \frac{5 \times 16,73 \text{ N.m} \times (9000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times (340000.10^4) \text{ mm}^4} = 11,39 \text{ mm}$$

( Aksi Non Komposit )

## 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 406,0 \text{ mm}$$

$$h_f = 428,0 \text{ mm}$$

$$Z_x = 494508 \text{ mm}^3 + 2824800 \text{ mm}^3$$

$$= 3319308 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$M_p = 250 \text{ Mpa} \times 3319308 \text{ mm}^3$$

$$= 829827000 \text{ N.mm}$$

$$= 829,83 \text{ kN.m} > 19,4 \text{ kN.m}$$

( Memenuhi )

$$M_u = 0,9 \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 829,83 \text{ kN.m}$$

$$= 746,8443 \text{ kN.m} > 17,53 \text{ kN.m}$$

( Memenuhi )

Atau,

$$FK = M_u / (M_u \text{ output SAP})$$

$$= 746,8443 \text{ kN.m} / 17,529 \text{ kN.m}$$

$$= 42,6 > 1 \text{ ( Memenuhi )}$$

- o Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral.

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1,76 \times 18 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$$

$$= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{400 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 450 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}}{6 \times 300 \times 22 \text{ mm}} \right)}} = 81,24038 \text{ mm}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b \cdot tf^3 + (h - tf) \cdot tw^3}{3} = \frac{2 \times 22^3 + (450 - 22) \cdot 12^3}{3} = 2376128$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2 \cdot tf \\ &= 450 \text{ mm} - 2 \times 22 \text{ mm} \\ &= 406 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{xho} &= 3010000 \text{ mm}^3 \times 406 \text{ mm} \\ &= 1222060000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 81,24038 \cdot \frac{200000}{250} \times$$



$$\sqrt{\frac{2376128}{1222060000} + \left(\frac{2376128}{1222060000}\right)^2} + 6,76 \left(\frac{0,7.250}{200000}\right)^2$$

$$= 8530,743 \text{ mm}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $8530,743 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$L_b = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

$M_A = 7195,90 \text{ kg.m} = 70591779,00 \text{ N.mm}$

$M_B = 1330,41 \text{ kg.m} = 13051322,10 \text{ N.mm}$

$M_C = 7797,85 \text{ kg.m} = 76496908,50 \text{ N.mm}$

$M_{\max} = M_C$

$$C_b = \frac{12,5x(7797,85)}{(2,5x7797,85) + (3x7195,9) + (4x1330,41) + (3x7797,85)}$$

$$C_b = 1,397$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,397 \times 3,14^2 \times 200000}{\left(\frac{100}{81,24038}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{2376128}{1222060000} \left(\frac{100}{81,24038}\right)^2}$$

$F_{cr} = 1817724,449$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$M_n = M_p$   
 $= 829,83 \text{ kN.m}$

$\phi M_n = 0,9 \times 829,83 \text{ kN.m}$   
 $= 746,84 \text{ kN.m}$

Syarat,

$M_u \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$   
 $171,96 \text{ kN.m} \leq 746,84 \text{ kN.m ( Memenuhi )}$

Demand capacity ratio (R).

$R = \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}}$   
 $= 0,230 < \text{Max}(0,7)$   
**( Memenuhi )**

**11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,**

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{96,251kN}{1,6} = 60,157kN \\
 \Delta L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{60157,1297N.mm \times 8000^3}{48 \times 2000000 \times 979635570,859} \\
 &= 3,275 \text{ mm} \quad (\text{Aksi Komposit}) \\
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 11,386 \text{ mm} + 3,275 \text{ mm} \\
 &= 14,661 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto,2016).

### ○ Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} v_t &= 0,96 \cdot v_u \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkai adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315 \text{ Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis transformasi dengan rangkai, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_{baja}}{E_e} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{7906,315 \text{ Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{b_e}{n} = \frac{9000 \text{ mm}}{25,3} = 356 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang	b mm	h mm	$A_i$ $\text{cm}^2$	$y_i$ cm	$A_i \times y_i$ $\text{cm}^3$	$I_o$ $\text{cm}^4$	$A_i \times (y_o - y_i)^2$ cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	356	130	462,519	6,5	3006,376	6513,8	31065,7	28,26
2	Profil WF	300	450	182,200	36	6468,100	67800,0	78861,1	71,74
$\Sigma$				644,719		9474,476	74313,8	109926,8	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\sum A_i \cdot y_i = 9474,76 \text{ cm}^3 = 9474,76 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sum A_i = 644,72 \text{ cm}^2 = 644,72 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$y_o = \frac{9747,76 \times 10^3 \text{mm}^3}{644,72 \times 10^3 \text{mm}^2} = 146,96 \text{ mm}$$

Catatan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \Sigma I_o + \Sigma A_i(y_o - y_i)^2 \\ &= 74313,81.(10^4)\text{mm}^4 + 109926,79.(10^4)\text{mm}^4 \\ &= 184240,60.(10^4)\text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup, } P = P_u / LF = 6 \text{ kN}, 16$$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinyu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkak. Berapa besarnya tentu berbeda dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkak dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\begin{aligned} \Delta 0,25L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,25 \times 60157,1297 \text{ N}) \times (8000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \times (1842406144,394)} \\ &= 2,53 \text{ mm ( Aksi Komposit )} \end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkak dianggap 75%. 0,75 I equiv tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}
 \Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{(0,75 \times 60157,1297 N) \times (8000 mm)^3}{48 \times 2000000 Mpa \cdot (979635570,859)} \\
 &= 2,46 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

○ Shrinkage (Susut),

perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}
 P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\
 &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\
 &\quad \text{mm}) \\
 &\quad \times 9000 \\
 &= 6023853 \text{ N} \\
 &= 6023,85 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 82,268 \text{ mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 17,268 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{P_{sh} \cdot e \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I_{tr}} \\
 &= \frac{6023852,687 \times 17,26847 mm \times (8000 mm)^2}{8 \times 2000000 N / mr \cdot (1842406144,394 mm^4)} \\
 &= 2,26 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta 0,25L + \Delta 0,75L + \Delta_{sh} \\
 &= 11,39 \text{ mm} + 0,435 \text{ mm} + 2,46 \text{ mm} + 2,26 \text{ mm} \\
 &= 16,536 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan.

$$\Delta_{total} = 16,54 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{ijin} &= L/360 \\ &= 8000 \text{ mm} / 360 \\ &= 22,22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\Delta_{max} < \Delta_{ijin}$$

$$16,54 \text{ mm} < 22,22 \text{ mm} \text{ ( Memenuhi )}$$

**14. Shear-Stud dan Pemasangannya**

Tebal pelat dasar = 22 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\varnothing \text{ stud} \leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar}$$

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 22 \text{ mm} \\ &= 55 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\varnothing \text{ stud digunakan} = 22 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u$$

$$\begin{aligned}A_s &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} &= 25742,96 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times} \\ &\quad 25742,96 \text{ Mpa} \\ &= 166,946 \text{ kN}\end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned} R_g.R_p.A_s.F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 116831,6 \text{ N} \\ &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka yang digunakan adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned} V' = T &= F_y \cdot A_s \\ &= 250 \text{ Mpa} \times 18220 \text{ mm}^2 \\ &= 4555000 \text{ N} \\ &= 4555 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser output SAP = 55,32 kN, maka digunakan 4555 kN.

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned} n &= V' / Q_n \\ &= 4555 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\ &= 38,98 \text{ buah} \sim 39 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.} \end{aligned}$$

**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 78 \text{ } \varnothing 22 \text{ mm}$**



## **7.2 Perencanaan Balok Memanjang (Arah Y)**

Balok induk direncanakan sebagai balok komposit. Fungsidaribalokindukadalahsebagai struktur utama yang menerima beban dari balok anak dan pelat lantai. Balok induk didesain sebagai struktur utama yang menerima beban lateral akibat gempa bumi.

### **7.2.1 Balok Induk HY 500x300x16x32 (Arah Y)**

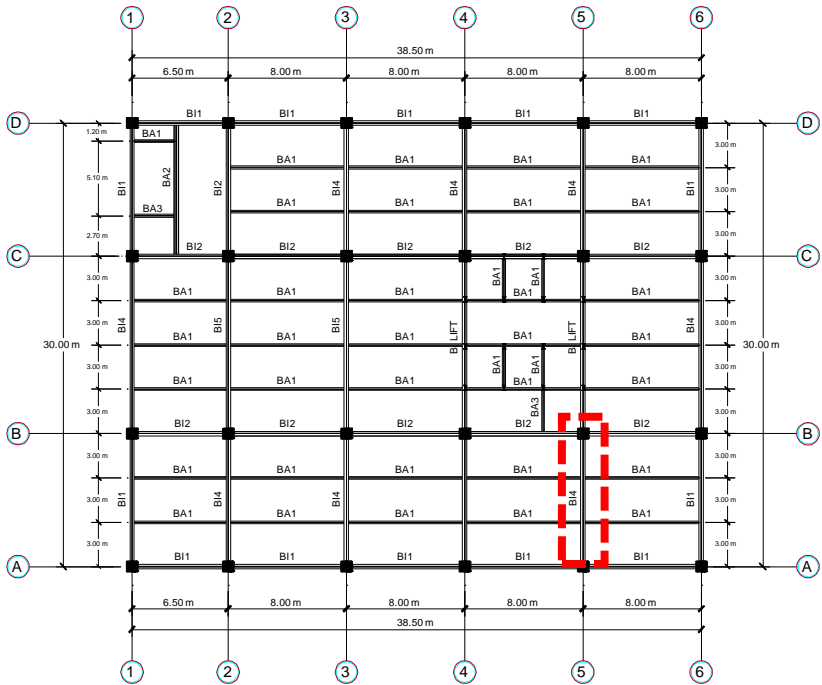
Balok induk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 594 yang berlokasi di lantai 14 elevasi + 49.00.

#### **o Data Perencanaan**

##### **a. Data Material**

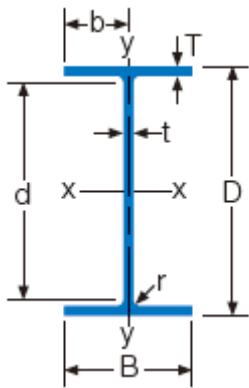
<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat (tp)	=	0,13	m

b. Data Material



**Gambar 7.5** Balok induk elemen frame 594 yang berlokasi di lantai 14 elevasi + 49.00

c. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

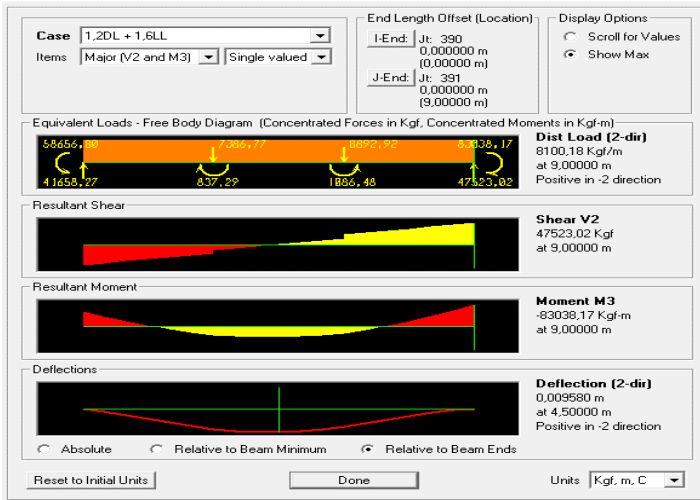
Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 500 x 300 x 16 x 32											
W	=	207	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	263,2	mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	1E+05	cm <sup>4</sup>		=	442	mm
d	=	500	mm	I <sub>y</sub>	=	14400	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	-	cm		=	69,8	cm <sup>2</sup>
tw	=	16	mm	i <sub>y</sub>	=	-	cm	bf/2.t	=	4,69	mm
tf	=	32	mm	S <sub>x</sub>	=	4680	cm <sup>3</sup>				

**a. Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.

Diagrams for Frame Object 594 (H 500 X 300 X 16 X 32)



**Gambar 7.6 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 594**

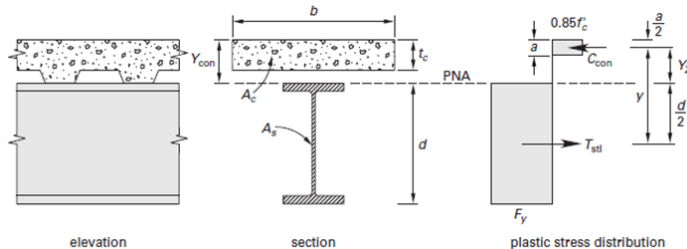
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen maksimum} = 83038,17 \text{ kg.m} = 814,60 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gaya geser maksimum} = 47523,02 \text{ kg} = 466,20 \text{ kN}$$

## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

Panjang bentang = 9.00 m

Lebar efektif,  $b_e$  = 8.00 m

## 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
---	---

Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $b_f / 2 \cdot t_f = 300 \text{ mm} / 2 \times 32 \text{ mm}$   
 $= 4,688 < 10,748$  ( **Sayap kompak** )
- Badan :  
 $\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$   
 $= 410,00 \text{ mm} / 16 \text{ mm}$   
 $= 25,625 < 28,284$  ( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil HY 500x300x16x32 adalah “**Penampang Kompak**”.

## 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot (8000 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 26520000 \text{ N} \\
 &= 26520 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}
 T &= F_y \cdot A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa} \cdot 26320 \text{ mm}^2 \\
 &= 6580000 \text{ N} \\
 &= 6580 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton bertulang”**.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{F_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e} \\
 a &= \frac{250 \text{ Mpa} \cdot 26320 \text{ mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 8000 \text{ mm}} = 32,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$\begin{aligned}
 Y_c &= t \text{ pelat} = 130 \text{ mm} \\
 Y_2 &= Y_c - 0,5a \\
 &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 32,25 \text{ mm}) \\
 &= 113,872549 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\
 &= 250 \text{ Mpa} \cdot 26320 \text{ mm}^2 \cdot (113,8725 \text{ mm} + 0,5 \cdot 500 \text{ mm}) \\
 &= 2394281373 \text{ N.mm} \\
 &= 2394,281 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \times 2394,281 \text{ kN.m} \\
 &= 2154,853 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

Beban pelat (super dead)	: (qsd x be)	= 2472,000 kg/m
Berat bondex	: (bondex x be)	= 80,800 kg/m
Berat pelat	: (q pelat x tp x be)	= 2880,000 kg/m
Berat balok baja	:	= 207,000 kg/m
<u>Berat balok baja</u>		
	Qu	= 5639,800 kg/m
		= 55,326 kN/m

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 1,2 \times Q \\
 &= 1,20 \times 55,326 \text{ kN/m} \\
 &= 66,392 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned}
 Mu_{\text{pelat}} &= 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2 \\
 &= 0,125 \times 66,39 \text{ kN/m} \times (9,0 \text{ m})^2 \\
 &= 672,216 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 Mu &= \phi \cdot Mn - Mu_{\text{pelat}} \\
 &= 2154,853 \text{ kN.m} - 672,216 \text{ kN.m} \\
 &= 1482,637 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

**6. Pu Maksimum di Tengah Bentang, Mu = 1482,637 kN.m**

Jika  $P = Pu$ ,  $M \text{ maks} = Mu$  dan  $M \text{ maks} = 8,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M \text{ maks}}{8,0} = \frac{1482,637 \text{ kN.m}}{8,0} = 185,330 \text{ kN}$$

**7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$\begin{aligned}
 Vu &= (1/2 \cdot Pu) = 92,665 \text{ kN} \\
 Vu \text{ (Output SAP)} &= 358,46 \text{ kN} \\
 \text{(Maka digunakan Vu = 358,46 kN)}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 h_w / t_w &= 500 \text{ mm} / 16 \text{ mm} \\
 &= 31,250 \\
 1,10\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 69,570 \\
 1,37\sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37\sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 86,646
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 6976 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 1046400 \text{ N} \\
 &= 1046,40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 1046400 \text{ N} \\
 &= 941760 \text{ N} \\
 &= 941,76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 941,76 \text{ kN} &> 92,665 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 185,330$  kN, ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

### 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550 kg/m<sup>3</sup>, maka :

$$n = \frac{E}{E_{concrete}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{8000 \text{ mm}}{7,77} = 1029,7 \text{ mm} \sim 1030 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampangan	b	h	$A_i$	$y_i$	$A_i \times y_i$	$I_o$	$A_i \times (y_o - y_i)^2$	
	g	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	1030	150	1544,6	7,5	11584,3	28960,8	10026,9	14,6
2	Profil WF	300	500	263,2	25	6580,0	117000,0	58842,5	85,4
$\Sigma$				1807,8		18164,3	145960,8	68869,5	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{18164332,091}{180777,761} = 100,4788 \text{ mm}$$

Keterangan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\
 I_{tr} &= 1459608302,281 \text{ mm}^4 + 688694657,964 \text{ mm}^4 \\
 &= 2148302960,245 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

**Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen inersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{eq}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistis (Dewobroto, 2016).

$$\begin{aligned} I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{eq} \\ &= 0,75 \times 2148302960,245 \text{ mm}^4 \\ &= 1611227220,184 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

**9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)**

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $q_D$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat beton segar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} q_D &= (\text{berat pelat}) + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 8,00 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + 207 \text{ kg} \\ &= 3087,000 \text{ kg/m} \\ &= 30,283 \text{ kN/m} = 30,283 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 9,0 m

$$\begin{aligned} \Delta_D &= \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{baja}} \\ \Delta_D &= \frac{5 \times 30,283 \text{ N/mm} \times (9000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ MPa} \times (1170000000) \text{ mm}^4} = 11,056 \text{ mm} \\ &(\text{ Aksi Non Komposit }) \end{aligned}$$

**10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)****a. Kontrol**

○ Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$\begin{aligned} h_w &= d - 2 \cdot t_f \\ &= 500 - 2 \cdot 32 \text{ mm} \\ &= 436,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= h - t_f \\ &= 500 - 32 \\ &= 468,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= 760384 \text{ mm}^3 + 44928,000 \text{ mm}^3 \\ &= 5253184,000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$\begin{aligned} M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 5253184,000 \text{ mm}^3 \\ &= 1313296000 \text{ N.mm} \\ &= 1313,30 \text{ kN.m} > 92,26 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 1313,30 \text{ kN.m} \\ &= 1181,966 \text{ kN.m} > 83,04 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (M_u \text{ output SAP}) \\ &= 1181,966 \text{ kN.m} / 83,038 \text{ kN.m} \\ &= 14,2 > 1 \text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral,

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 13 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}} \\ &= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{300mm}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 500mm \times 16mm}{6 \times 300 \times 32mm} \right)}} = 81,15mm$$

Untuk profil I simetris ganda : c = 1 (**Berdasarkan :  
Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$Lr = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b \cdot tf^3 + (h - tf) \cdot tw^3}{3} = \frac{2 \times 32^3 + (500 - 32) \cdot 16^3}{3} = 7192576,000$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2 \cdot tf \\ &= 500 \text{ mm} - 2 \times 32 \text{ mm} \\ &= 436,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x \cdot h_o &= 4860000 \text{ mm}^3 \times 436,00 \text{ mm} \\ &= 2040480000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$Lr = 1,95 \times 81,150267 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{7192576,000}{2040480000} + \left( \frac{7192576,000}{2040480000} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2} \\ &= 9812,932 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $Lr > Lb$  atau  $9812,932 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$L_b = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$M_A = 14317,59 \text{ kg.m} = 140455557,90 \text{ N.mm}$$

$$M_B = 36548,23 \text{ kg.m} = 358538136,30 \text{ N.mm}$$

$$M_C = 3131,93 \text{ kg.m} = 30724233,30 \text{ N.mm}$$

$$M_{\max} = M_C$$

$$C_b = \frac{12,5(36548,23)}{(2,5(36548,230) + (3(14317,59) + (4(36548,230) + (3(3131,93)))$$

$$C_b = 1,588$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,576 \times 3,14^2 \times 200000}{\left(\frac{100}{81,150267}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{7192576,000}{2040480000} \left(\frac{100}{81,150267}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 2046774,178 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$

$$M_n = M_p$$

$$= 1313296000 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 1181966400 \text{ N.mm}$$

Syarat,

$$M_u \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$$

$$814604447,70 \text{ N.mm} \leq 1181966400 \text{ kN.m (Memenuhi)}$$

Demand capacity ratio (R),

$$R = \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}}$$

$$= 0,689 < \text{Max}(0,7)$$

( Memenuhi )

# 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{185,330 \text{ kN}}{1,6} = 115,831 \text{ kN}$$

$$\Delta L = \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}}$$

$$= \frac{115831,0167 \text{ N.mm} \times 9000^3}{48 \times 2000000 \times 1611227220,184}$$

$$= 5,459 \text{ mm ( Aksi Komposit )}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 11,056 \text{ mm} + 5,459 \text{ mm} \\
 &= 16,515 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto, 2016).

### o Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned}
 v_t &= 0,96 \cdot v_u \\
 &= 0,96 \times 2,35 \\
 &= 2,256
 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700 \sqrt{30 \text{ Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315 \text{ Mpa}$$



Perhitungan penampang elastis ransformasi dengan rangkai, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_s}{E_e} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{7906,315 \text{ Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{be}{n} = \frac{8000 \text{ mm}}{25,3} = 316 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang g	b	h	Ai	yi	Ai x yi	Io	Ai x (yo - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	316	130	411,1	6,5	2672,3	5790,1	62148,0	39,0
2	Profil WF	300	500	263,2	38,0	10001,6	117000,0	97077,6	61,0
$\Sigma$				674,3		12673,9	122790,1	159225,6	100,0

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\sum A_i \cdot y_i = 12673934,321 \text{ cm}^3$$

$$\sum A_i = 67432,836 \text{ cm}^2$$

$$y_o = \frac{12673934,321}{67432,836} = 187,949 \text{ mm}$$

Catatan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\ &= 1227900576,951 \text{ mm}^4 + 1592256396,011 \text{ mm}^4 \\ &= 2820156972,962 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Beban hidup,  $P = P_u / LF = 115,831 \text{ kN}$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkai. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkai dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\begin{aligned}\Delta 0,25L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,25 \times 115831,0167 \text{ N}) \times (9000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \times (2820156972,962)} \\ &= 0,7797 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Iequiv tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}\Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,75 \times 115831,0167 \text{ N}) \times (9000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \text{ Mpa} \cdot (1611227220,184)} \\ &= 4,09 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

- Shrinkage (Susut),  
perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).  
 $P_{sh} = \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c$

$$\begin{aligned}
 &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\
 \text{mm}) & \\
 &\times 8000 \\
 &= 5354,536 \text{ N} \\
 &= 53545,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 100,479\text{mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 35,479 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{PSh.e.L^2}{8.E.Itr} \\
 &= \frac{5354535,722 \times 35,478798 \text{ mm} \times (9000 \text{ mm})^2}{8 \times 2000000 \text{ N / mr.} \times (2820156972,962) \text{ mm}^4} \\
 &= 3,341 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta 0,25L + \Delta 0,75L + \Delta_{sh} \\
 &= 11,06\text{mm} + 0,7797 \text{ mm} + 4,09 \text{ mm} + 3,41 \text{ mm} \\
 &= 19,340 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= 19,340 \text{ mm} \\
 \Delta_{ijin} &= L/360 \\
 &= 9000 \text{ mm} / 360 \\
 &= 25,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{max} &< \Delta_{ijin} \\
 22,543 \text{ mm} &< 25,000 \text{ mm ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

$$\text{Tebal pelat dasar} = 32 \text{ mm}$$

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\varnothing \text{ stud} \leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 32 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varnothing \text{ stud digunakan} = 22 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u$$

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 = 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c' \cdot E_c} &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times 25742,96 \text{ Mpa}} \\ &= 166945,567 \text{ N} \\ &= 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned} R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 116831,6 \text{ N} \\ &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka yang digunkana adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik

profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned}
 V' = T &= F_y \cdot A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa} \times 26320 \text{ mm}^2 \\
 &= 6580000 \text{ N} \\
 &= 6580 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya geser output SAP = 466,20 kN, maka digunakan 6580 kN.

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 n &= V' / Q_n \\
 &= 6580 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\
 &= 56,32 \text{ buah} \sim 57 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
 \end{aligned}$$

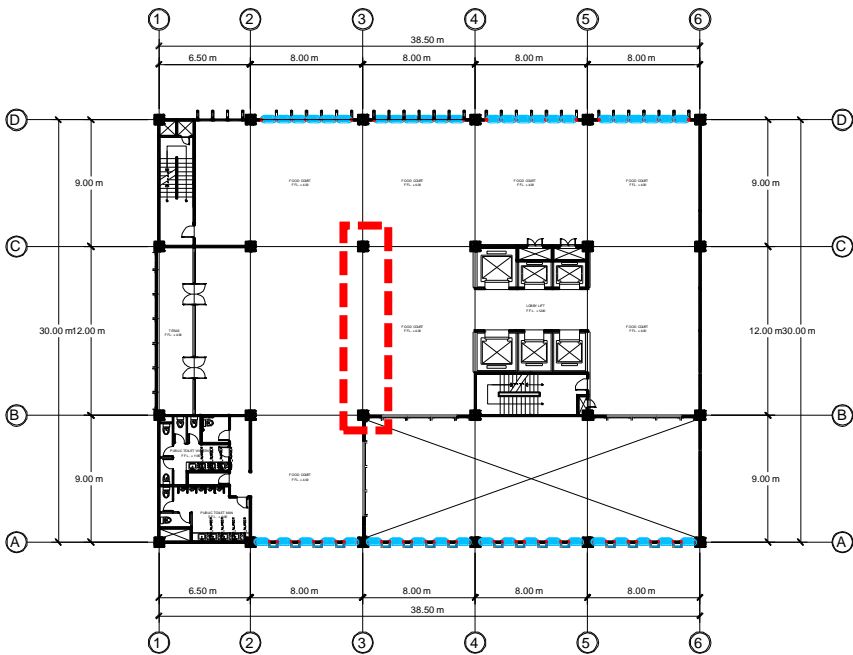
**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 114 \varnothing 22 \text{ mm}$**

7.2.2 Balok Induk HY 650x300x14x28 (Arah Y)

Balok induk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 90 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00.

o Data Perencanaan

a. Data Geometris

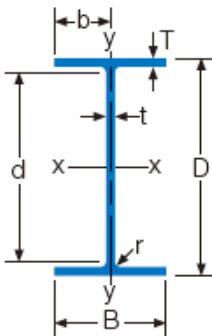


**Gambar 7.7** Balok induk elemen frame 90 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00

## b. Data Material

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat ( $t_p$ )	=	0,13	m

## c. Data Profil



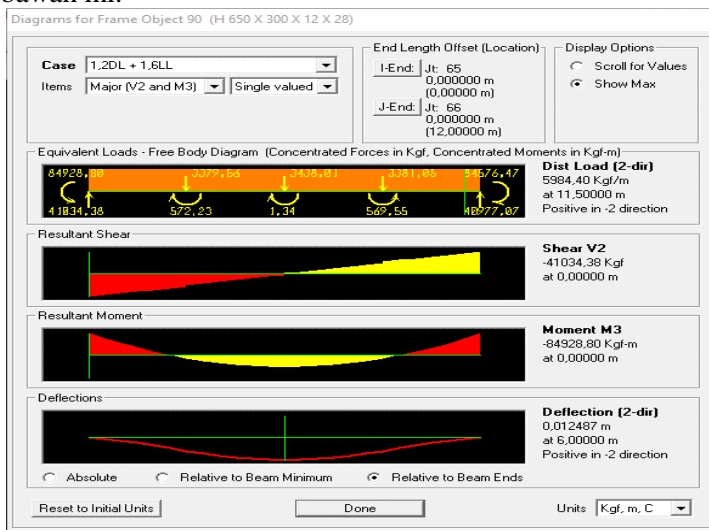
Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 650 x 300 x 14 x 28											
W	=	198	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	252,6	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	2E+05	cm <sup>4</sup>		=	596	mm
d	=	650	mm	I <sub>y</sub>	=	12600	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	-	cm		=	83,2	cm <sup>2</sup>
tw	=	14	mm	i <sub>y</sub>	=	-	cm	bf/2.t	=	5,36	mm
tf	=	28	mm	S <sub>x</sub>	=	5790	cm <sup>3</sup>				

### ○ Analisa struktur balok,

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.



**Gambar 7.8 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 90**

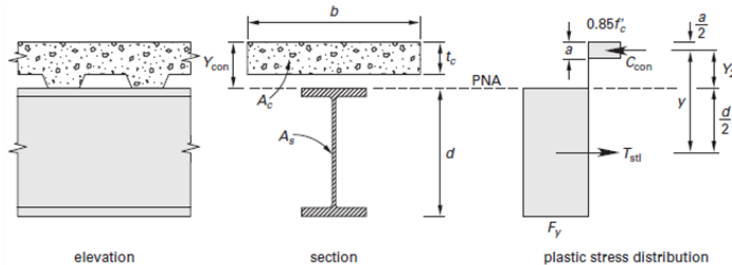
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :



Momen maksimum = 84928,8 kg.m = 833,15 kN.m  
 Gaya geser maksimum = 41034,38 kg = 402,55 kN

## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

Panjang bentang = 12.00 m  
 Lebar efektif,  $b_e$  = 8.00 m

### 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math></p>
--	--

$= 3,76. \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}$ $= 106,349$	$= 5,70. \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}$ $= 161,220$
---	---

#### Kontrol penampang.

- Sayap :  

$$bf / 2.tf = 300 \text{ mm} / 2 \times 28 \text{ mm}$$

$$= 5,357 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$
- Badan :  

$$\{d-(2tf+2r)\}/tw = hw / tw$$

$$= 568,00 \text{ mm} / 14 \text{ mm}$$

$$= 40,571 < 28,284 \text{ ( Badan kompak )}$$

Kesimpulan : Profil HY 650x300x14x28 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85.fc'.Ac \\
 &= 0,85. 30 \text{ Mpa. (8000 mm x 130 mm)} \\
 &= 26520000 \text{ N} \\
 &= 26520 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}
 T &= Fy. As \\
 &= 250 \text{ Mpa. } 25260 \text{ mm}^2 \\
 &= 63150000 \text{ N} \\
 &= 6315 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton”** bertulang.

$$a = \frac{Fy. As}{0,85. fc'. be}$$

$$a = \frac{250Mpa.25260mm^2}{0,85.30Mpa.8000mm} = 30,96 \text{ mm}$$

#### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$Y_c = t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= Y_c - 0,5a \\ &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 30,96 \text{ mm}) \\ &= 114,5220588 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot 25260 \text{ mm}^2 \cdot (114,5221 \text{ mm} + 0,5 \cdot 650 \text{ mm}) \\ &= 2775581801 \text{ N.mm} \\ &= 2775,582 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 2775,582 \text{ kN.m} \\ &= 2498,024 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

$$\text{Beban pelat (super dead)} : (q_{sd} \times b_e) = 2472,000 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bondex} : (b_{ondex} \times b_e) = 80,800 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} : (q_{\text{pelat}} \times t_p \times b_e) \\ &= 2880,000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat balok baja} : \\ \hline &= 207,000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 5639,800 \text{ kg/m} \\ &= 55,238 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned} Q_d &= 1,2 \times Q \\ &= 1,20 \times 55,238 \text{ kN/m} \\ &= 66,286 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$\begin{aligned} M_{u_{\text{pelat}}} &= 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2 \\ &= 0,125 \times 66,29 \text{ kN/m} \times (12,0 \text{ m})^2 \end{aligned}$$

$$= 1193,144 \text{ kN.m}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \phi \cdot \text{Mn} - \text{Mu}_{\text{pelat}} \\ &= 2498,024 \text{ kN.m} - 1193,144 \text{ kN.m} \\ &= 1304,880 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

**6. Pu Maksimum di Tengah Bentang, Mu = 1304,880 kN.m**

Jika  $P = \text{Pu}$ ,  $M_{\text{maks}} = \text{Mu}$  dan  $M_{\text{maks}} = 8,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M_{\text{maks}}}{8,0} = \frac{1304,880 \text{ kN.m}}{8,0} = 163,110 \text{ kN}$$

**7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2 \cdot P_u) = 81,555 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 402,55 \text{ kN}$$

(Maka digunakan  $V_u = 402,55 \text{ kN}$ )

$$\begin{aligned} h_w / t_w &= 650 \text{ mm} / 14 \text{ mm} \\ &= 42,429 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ &= 69,570 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\ &= 86,646 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 8316 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 1247400 \text{ N} \\
 &= 1122,66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 1247400 \text{ N} \\
 &= 1122660 \text{ N} \\
 &= 1122,66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 1122,66 &> 81,555 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 163,110 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

## 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{8000mm}{7,77} = 1029,7mm \sim 515 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang g	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>o</sub>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	1030	150	1544,6	7,5	11584,3	28960,8	19071,0	14,1
2	Profil WF	300	650	252,6	33	8209,5	188000,0	116614,0	85,9
Σ				1797,2		19793,8	216960,8	135685,1	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{19793832,091}{179717,761} = 110,13843 \text{ mm}$$

Keterangan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\
 I_{tr} &= 2169608302,281 \text{ mm}^4 + 1356850813,575 \text{ mm}^4 \\
 &= 3526459115,856 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

### **Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen iersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistik (Dewobroto,2016).

$$\begin{aligned}
 I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{equiv} \\
 &= 0,75 \times 3526459115,856 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$= 2644844336,892 \text{ mm}^4$$

### 9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban qD adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat betonsegar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} qD &= (\text{berat pelat}) + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 8,00 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + 198 \text{ kg} \\ &= 3078,000 \text{ kg/m} \\ &= 30,195 \text{ kN/m} = 30,195 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 12,0 m

$$\Delta D = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ibaja}$$

$$\Delta D = \frac{5 \times 30,195 \text{ N/mm} \times (9000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times (1880000000) \text{ mm}^4} = 12,683 \text{ mm}$$

( Aksi Non Komposit )

### 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

#### ○ Kontrol

#### ○ Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 650 - 2 \cdot 28 \text{ mm}$$

$$= 594,00$$

$$h_f = h - t_f$$

$$= 650 - 28$$

$$= 622,00$$

$$\begin{aligned} Z_x &= 1234926 \text{ mm}^3 + 5224800,000 \text{ mm}^3 \\ &= 6459726,000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 6459726,000 \text{ mm}^3 \\ &= 1614931500 \text{ N.mm} \\ &= 1614,93 \text{ kN.m} > 94,37 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 1614,93 \text{ kN.m} \\ &= 1453,483 \text{ kN.m} > 84,93 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (\text{Mu output SAP}) \\ &= 1453,483 \text{ kN.m} / 84,929 \text{ kN.m} \\ &= 17,1 > 1 \text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

- o Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral,

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1,76 \times 13 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$$

$$= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot t_w}{6 \cdot bf \cdot t_f} \right)}} = \frac{300 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 650 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}}{6 \times 300 \times 28 \text{ mm}} \right)}} = 79,70534 \text{ mm}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  **(Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015)**

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$



Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b.tf^3 + (h - tf).tw^3}{3} = \frac{2 \times 28^3 + (650 - 28).14^3}{3} = 4959322,667$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2.tf \\ &= 650 \text{ mm} - 2 \times 28 \text{ mm} \\ &= 594,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x.h_o &= 5790000 \text{ mm}^3 \times 594,00 \text{ mm} \\ &= 23439260000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 79,70534 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{4959322,667}{3439260000} + \left(\frac{4959322,667}{3439260000}\right)^2} + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2 \\ &= 7229,630 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $9812,932 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$\begin{aligned} L_b &= 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m} \\ M_A &= 11244,53 \text{ kg.m} &= 110308839,30 \text{ N.mm} \\ M_B &= 43991,77 \text{ kg.m} &= 431559263,70 \text{ N.mm} \\ M_C &= 11994,47 \text{ kg.m} &= 117665750,70 \text{ N.mm} \\ M_{\max} &= M_C \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5x(43991,77)}{(2,5x43991,770) + (3x11244,53) + (4x43991,770) + (3x11994,47)}$$

$$Cb = 1,546$$

$$Fcr = \frac{Cb\pi^2E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$Fcr = \frac{1,546x3,14^2x200000}{\left(\frac{100}{79,70534}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{4959322,667}{3439260000} \left(\frac{100}{79,70534}\right)^2}$$

$$Fcr = 1937067,309 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_yS_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= 1614931500 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 1453438350 \text{ N.mm}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} \text{Mu (output SAP)} &\leq \phi M_n \\ 833151528,00 \text{ N.mm} &\leq 1453438350 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

**Memenuhi )**

Demand capacity ratio (R).

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,573 < \text{Max}(0,7) \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

### 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{163,110 \text{ kN}}{1,6} = 101,944 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{101943,7207 \text{ N} \cdot \text{mm} \times 12000^3}{48 \times 200000 \times 2644844336,892} \\
 &= 6,938 \text{ mm} \quad (\text{Aksi Komposit})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 21,683 \text{ mm} + 6,938 \text{ mm} \\
 &= 28,621 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto, 2016).

#### ○ Creep / Rangak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} v_t &= 0,96 \cdot v_u \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700\sqrt{30\text{Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315\text{Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis transformasi dengan rangkak, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_s}{E_e} = \frac{200000\text{Mpa}}{7906,315\text{Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{be}{n} = \frac{8000\text{mm}}{25,3} = 316\text{mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang g	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>o</sub>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	316	130	411,13	6,50	2672,33	5790,06	90571,72	38,06
2	Profil WF	300	650	252,60	45,50	11493,30	188000,00	147413,30	61,94
$\Sigma$				663,73		14165,63	193790,06	237985,02	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\sum A_i \cdot y_i = 14165634,321 \text{ cm}^3$$

$$\sum A_i = 66372,836 \text{ cm}^2$$

$$y_o = \frac{14165634,321}{66372,836} = 213,42518 \text{ mm}$$

Catatan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i(y_o - y_i)^2 \\ &= 1937900576,951 \text{ mm}^4 + 2379850194,597 \text{ mm}^4 \\ &= 4317750771,548 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Beban hidup,  $P = P_u / LF = 101,944 \text{ kN}$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinyu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkai. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkai dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\Delta 0,25L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_{eff}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,25 \times 101943,7207 \text{ N}) \times (12000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \times (4317750771,548)} \\
 &= 1,0625 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Iequtif tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}
 \Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{(0,75 \times 101943,7207 \text{ N}) \times (12000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \text{ Mpa} \cdot (4317750771,548)} \\
 &= 3,19 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

○ Shrinkage (Susut).

perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}
 P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\
 &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\
 &\text{ mm}) \\
 &\quad \times 8000 \\
 &= 5354,536 \text{ N} \\
 &= 53545,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 110,138 \text{ mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 45,138 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{P_{sh} \cdot e \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I_{tr}} \\
 &= \frac{5354535,722 \times 45,13843 \text{ mm} \times (12000 \text{ mm})^2}{8 \times 200000 \text{ N / mr} \cdot (4317750771,548) \text{ mm}^4} \\
 &= 5,04 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{total}} &= \Delta_D + \Delta_{0,25L} + \Delta_{0,75L} + \Delta_{\text{sh}} \\ &= 21,68 \text{ mm} + 1,0625 \text{ mm} + 3,19 \text{ mm} + 5,04 \text{ mm} \\ &= 30,971 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{total}} &= 30,971 \text{ mm} \\ \Delta_{\text{ijin}} &= L/360 \\ &= 12000 \text{ mm} / 360 \\ &= 33,333 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{max}} &< \Delta_{\text{ijin}} \\ 30,971 \text{ mm} &< 33,333 \text{ mm} \text{ ( Memenuhi )}\end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

Tebal pelat dasar = 28 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ stud} &\leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar} \\ \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 28 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm} \\ \varnothing \text{ stud digunakan} &= 22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_n &= 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c'} Ec \leq R_g R_p A_s a F_u \\ A_s a &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 = 379,94 \text{ mm}^2 \\ E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0,5A_{sa}\sqrt{f_c' \cdot Ec} &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\
&25742,96 \text{ Mpa} \\
&= 166945,567 \text{ N} \\
&= 166,946 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Rg = 1 (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

Rp = 0,75 (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned}
Rg \cdot Rp \cdot Asa \cdot Fu &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\
&= 116831,6 \text{ N} \\
&= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Maka yang digunkana adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned}
V' = T &= F_y \cdot A_s \\
&= 250 \text{ Mpa} \times 25260 \text{ mm}^2 \\
&= 6315000 \text{ N} \\
&= 6315 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Gaya geser output SAP = 402,55 kN, maka digunakan 6315kN.

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
n &= V' / Q_n \\
&= 6315 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\
&= 54,052 \text{ buah} \sim 55 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
\end{aligned}$$

**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma Q_n = 110 \varnothing 22 \text{ mm}$**

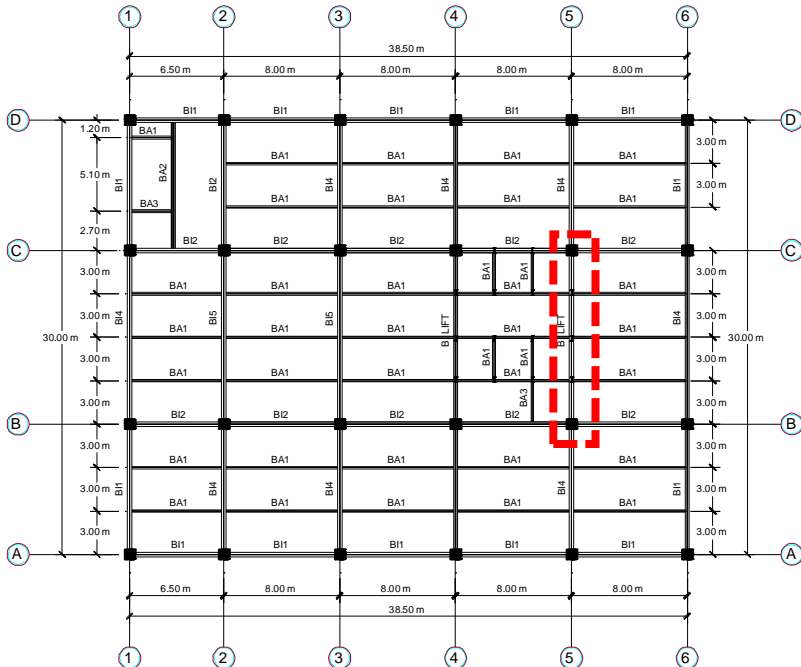


### 7.2.3 Balok Induk HY 650x300x16x32 (Arah Y)

Balok induk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 1969 yang berlokasi di lantai 7 elevasi + 25.90.

#### o Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

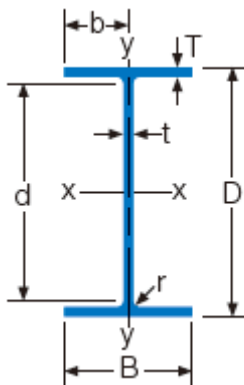


**Gambar 7.9** Balok induk elemen frame 1969 yang berlokasi di lantai 7 elevasi + 25.90

##### b. Data Material

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat (tp)	=	0,13	m

## c. Data Profil



Catatan :  $T= t_f$ ,  $B= b_f$ ,  $t= t_w$ ,  $D= d$

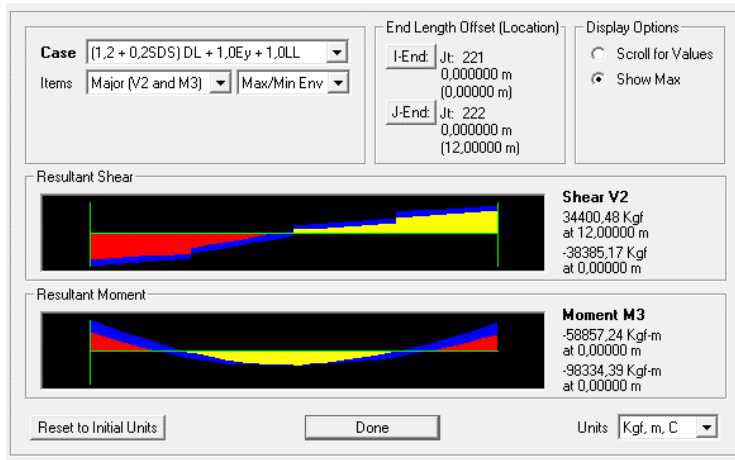
Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 650 x 300 x 16 x 32									
W	=	225	kg/m	r	=	13	mm	h <sub>w</sub>	= d-2.(t <sub>f</sub> +r)
A	=	287,2	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	2E+05	cm <sup>4</sup>		= 592 mm
d	=	650	mm	I <sub>y</sub>	=	14400	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	= (d-2.t <sub>f</sub> ).t <sub>w</sub>
b <sub>f</sub>	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	-	cm		= 93,8 cm <sup>2</sup>
t <sub>w</sub>	=	16	mm	i <sub>y</sub>	=	-	cm	b <sub>f</sub> /2.t <sub>f</sub>	= 4,69 mm
t <sub>f</sub>	=	32	mm	S <sub>x</sub>	=	6510	cm <sup>3</sup>		

○ **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.

Diagrams for Frame Object 1969 (H 650 X 300 X 12 X 32)



**Gambar 7.10 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 1969**

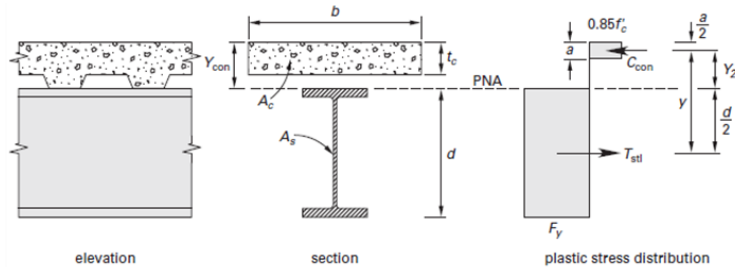
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

Momen maksimum = 98334,39kg.m= 964,66 kN.m

Gaya geser maksimum = 34400,48 kg = 337,47 kN

Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

- Panjang bentang = 12.00 m
- Lebar efektif,  $b_e$  = 8.00 m

2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap, <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math> <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math> <math>= 10,748</math></p> <p>Badan, <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math> <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math></p>	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap, <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math> <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math> <math>= 28,284</math></p> <p>Badan, <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math> <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math></p>
--	--

= 106,349	= 161,220
-----------	-----------

#### Kontrol penampang.

- Sayap :  
 $bf / 2.t_f = 300 \text{ mm} / 2 \times 32 \text{ mm}$   
 $= 4,688 < 10,748$  (**Sayap kompak**)
- Badan :  
 $\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$   
 $= 560,00 \text{ mm} / 16 \text{ mm}$   
 $= 35,000 < 28,284$  (**Badan kompak**)

Kesimpulan : Profil HY 650x300x16x32 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85.f_c'.A_c \\
 &= 0,85. 30 \text{ Mpa}. (8000 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 26520000 \text{ N} \\
 &= 26520 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}
 T &= F_y. A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa}. 28720 \text{ mm}^2 \\
 &= 7180000 \text{ N} \\
 &= 7180 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton bertulang**.

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{F_y. A_s}{0,85. f_c'. b_e} \\
 a &= \frac{250 \text{ Mpa}. 28720 \text{ mm}^2}{0,85. 30 \text{ Mpa}. 8000 \text{ mm}} = 35,20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$\begin{aligned}
 Y_c &= t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm} \\
 Y_2 &= Y_c - 0,5a
 \end{aligned}$$

$$= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 35,20 \text{ mm})$$

$$= 112,4019608 \text{ mm}$$

$$M_n = F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d)$$

$$= 250 \text{ Mpa} \cdot 28720 \text{ mm}^2 \cdot (112,402 \text{ mm} + 0,5 \cdot 650 \text{ mm})$$

$$= 314054678 \text{ N.mm}$$

$$= 3140,546 \text{ kN.m}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 3140,546 \text{ kN.m}$$

$$= 2826,491 \text{ kN.m}$$

### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

Beban pelat (super dead)	: (qsd x be)	= 2472,000 kg/m
Berat bondex	: (bondex x be)	= 80,800 kg/m
Berat pelat	: (q pelat x tp x be)	= 2880,000 kg/m
<u>Berat balok baja</u>	<u>:</u>	<u>= 225,000</u>
<u>kg/m+</u>		

$$Q_u = 5657,800 \text{ kg/m}$$

$$= 55,503 \text{ kN/m}$$

Beban mati terfaktor,

$$Q_d = 1,2 \times Q$$

$$= 1,20 \times 55,503 \text{ kN/m}$$

$$= 66,604 \text{ kN/m}$$

Momen akibat beban mati,

$$M_{u\_pelat} = 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2$$

$$= 0,125 \times 66,60 \text{ kN/m} \times (12,0 \text{ m})^2$$

$$= 1198,865 \text{ kN.m}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 \mu_u &= \phi \cdot M_n - \mu_{u\_pelat} \\
 &= 2826,491 \text{ kN.m} - 1198,865 \text{ kN.m} \\
 &= 1627,626 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

**6.  $\mu_u$  Maksimum di Tengah Bentang,  $\mu_u = 1627,626 \text{ kN.m}$**

Jika  $P = \mu_u$ ,  $M_{maks} = \mu_u$  dan  $M_{maks} = 8,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M_{maks}}{8,0} = \frac{1627,626 \text{ kN.m}}{8,0} = 203,453 \text{ kN}$$

**7. Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2 \cdot P_u) = 101,727 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 337,47 \text{ kN}$$

(Maka digunakan  $V_u = 337,47 \text{ kN}$ )

$$\begin{aligned}
 h_w / t_w &= 650 \text{ mm} / 16 \text{ mm} \\
 &= 40,625
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,1 \sqrt{5 \times 2000000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 69,570
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} &= 1,37 \sqrt{5 \times 2000000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}} \\
 &= 86,646
 \end{aligned}$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
(i)	$h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
(ii)	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h/t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h/t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h/t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h/t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 9376 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 1406400 \text{ N} \\
 &= 1406,40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 1247400 \text{ N} \\
 &= 1265760 \text{ N} \\
 &= 1265,76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 1265,76 &> 337,47 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 163,110 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

## 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$



Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{8000mm}{7,77} = 1029,7mm \sim 1030 \text{ mm}$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang	b	h	Ai	yi	Ai x yi	I <sub>o</sub>	Ai x (y <sub>o</sub> - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	1030	150	1544,6	7,5	11584,3	28960,8	23730,8	15,7
2	Profil WF	300	650	287,2	33	9334,0	212000,0	127625,8	84,3
$\Sigma$				1831,8		20918,3	240960,8	151356,6	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{20918332,091}{183177,761} = 114,1969 \text{ mm}$$

Keterangan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}
 I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\
 I_{tr} &= 2409608302,281 \text{ mm}^4 + 1513566273,233 \text{ mm}^4 \\
 &= 3923174575,514 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

### **Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen iersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistik (Dewobroto,2016).

$$\begin{aligned}
 I_{eff} &= 0,75 \cdot I_{equiv} \\
 &= 0,75 \times 3923174575,514 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$= 2942380931,635 \text{ mm}^4$$

### 9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban  $q_D$  adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat beton segar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} q_D &= (\text{berat pelat}) + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 8,00 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) + 225 \text{ kg} \\ &= 3105,000 \text{ kg/m} \\ &= 30,460 \text{ kN/m} = 30,460 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 12,0 m

$$\Delta D = \frac{5 \cdot q_D \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{\text{baja}}}$$

$$\Delta D = \frac{5 \times 30,460 \text{ N/mm} \times (12000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ MPa} \times (2120000000) \text{ mm}^4} = 19,397 \text{ mm}$$

( Aksi Non Komposit )

### 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

#### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 650 - 2 \cdot 32 \text{ mm}$$

$$= 586,00$$

$$h_f = h - t_f$$

$$= 650 - 32$$

$$= 618,00$$

$$\begin{aligned} Z_x &= 373584^3 + 5932800,000 \text{ mm}^3 \\ &= 7306384,000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 7306384,000 \text{ mm}^3 \\ &= 1826596000 \text{ N.mm} \\ &= 1826,60 \text{ kN.m} > 109,26 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 1826,60 \text{ kN.m} \\ &= 1643,936 \text{ kN.m} > 98,33 \text{ ton.m} \\ &\text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (\text{Mu output SAP}) \\ &= 1643,936 \text{ kN.m} / 98,334 \text{ kN.m} \\ &= 16,7 > 1 \text{ ( Memenuhi )} \end{aligned}$$

- o Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral,

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1,76 \times 13 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$$

$$= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{300 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 650 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}}{6 \times 300 \times 32 \text{ mm}} \right)}} = 79,70534 \text{ mm}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  **(Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015)**

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b.tf^3 + (h - tf).tw^3}{3} = \frac{2 \times 32^3 + (650 - 32).16^3}{3} = 7397376,000$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2.tf \\ &= 650 \text{ mm} - 2 \times 32 \text{ mm} \\ &= 586,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x.h_o &= 6510000 \text{ mm}^3 \times 586,00 \text{ mm} \\ &= 3814860000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 79,70534 \cdot \frac{200000}{0,7 \times 250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{7397376,000}{3814860000} + \left(\frac{7397376,000}{3814860000}\right)^2} + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000}\right)^2 \\ &= 8358,335 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $9812,932 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$L_b = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$M_A = 22484,25 \text{ kg.m} = 220570492,50 \text{ N.mm}$$

$$M_B = 43984,88 \text{ kg.m} = 431491672,80 \text{ N.mm}$$

$$M_C = 18062,97 \text{ kg.m} = 177197735,70 \text{ N.mm}$$

$$M_{\max} = M_C$$

$$C_b = \frac{12,5x(43984,88)}{(2,5x43984,880) + (3x22484,25) + (4x43984,880) + (3x18062,97)}$$

$$C_b = 1,349$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,349x3,14^2x200000}{\left(\frac{100}{79,70534}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{7397376,000}{3814860000} \left(\frac{100}{79,70534}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1690267,337 \text{ mm}$$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= 1826596000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 1643936400 \text{ N.mm}$$

Syarat,

$$\begin{aligned} \text{Mu (output SAP)} &\leq \phi M_n \\ 964660365,90 \text{ N.mm} &\leq 1643936400 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

**Memenuhi )**

Demand capacity ratio (R).

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,587 < \text{Max}(0,7) \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

#### 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{203,453 \text{ kN}}{1,6} = 127,158 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{127158,3033 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 12000^3}{48 \times 200000 \times 2942380931,635} \\
 &= 7,779 \text{ mm} \\
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 19,397 \text{ mm} + 7,779 \text{ mm} \\
 &= 27,176 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangkak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangkak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto, 2016).

##### ○ Creep / Rangkak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangkak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$v_t = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $v_u = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} v_t &= 0,96 \cdot v_u \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$E_e = \frac{E_{ci}}{(1 + v_t)} = \frac{4700\sqrt{30\text{Mpa}}}{1 + 2,256} = 7906,315\text{Mpa}$$

Perhitungan penampang elastis ransformasi dengan rangkak, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $\text{kg/m}^3$  maka :

$$n = \frac{E_s}{E_e} = \frac{200000\text{Mpa}}{7906,315\text{Mpa}} = 25,30$$

$$\frac{b_e}{n} = \frac{8000\text{mm}}{25,3} = 316\text{mm}$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampang	b	h	Ai	yi	Ai x yi	Io	Ai x (yo - yi) <sup>2</sup>	
		mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	316	130	411,128	6,5	2672,334	5790,1	105768,5	41,13
2	Profil WF	300	650	287,200	46	13067,600	212000,0	151408,1	58,87
Σ				698,328		15739,934	217790,1	257176,6	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\sum A_i \cdot y_i = 15739934,321 \text{ cm}^3$$

$$\sum A_i = 69832,836 \text{ cm}^2$$

$$y_o = \frac{15739934,321}{69832,836} = 225,39446 \text{ mm}$$

Catatan : yi adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned} I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\ &= 2177900576,951 \text{ mm}^4 + 257176728,119 \text{ mm}^4 \\ &= 4749666305,070 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Beban hidup,  $P = P_u / LF = 127,158 \text{ kN}$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkakan. Berapa besarnya tentu berbeda dengan dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).



Beban hidup yang mempengaruhi rangkai dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\begin{aligned}\Delta 0,25L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,25 \times 127158,3033N) \times (12000mm)^3}{48 \times 200000 \times (4749666305,070)} \\ &= 1,2047 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Iequiv tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}\Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\ &= \frac{(0,75 \times 127158,3033N) \times (12000mm)^3}{48 \times 200000 \text{ Mpa} \cdot (2942380931,635)} \\ &= 5,83 \text{ mm ( Aksi Komposit )}\end{aligned}$$

- Shrinkage (Susut).  
perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\ &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\ &\text{ mm}) \\ &\quad \times 8000 \\ &= 5354,536 \text{ N} \\ &= 53545,36 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &= y_o - 1/2t \\ &= 114,197 \text{ mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\ &= 49,197 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{PSh.e.L^2}{8.E.Itr} \\
 &= \frac{5354535,722 \times 49,196898 \text{ mm} \times (12000 \text{ mm})^2}{8 \times 2000000 \text{ N} / \text{mm}^2 \times (4749666305,070) \text{ mm}^4} \\
 &= 4,99 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta_D + \Delta_{0,25L} + \Delta_{0,75L} + \Delta_{sh} \\
 &= 19,40 \text{ mm} + 1,2047 \text{ mm} + 5,83 \text{ mm} + 4,99 \text{ mm} \\
 &= 31,427 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= 31,427 \text{ mm} \\
 \Delta_{ijin} &= L/360 \\
 &= 12000 \text{ mm} / 360 \\
 &= 33,333 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{max} &< \Delta_{ijin} \\
 31,427 \text{ mm} &< 33,333 \text{ mm ( Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

Tebal pelat dasar = 28 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \varnothing \text{ stud} &\leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar} \\
 \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 32 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \varnothing \text{ stud digunakan} &= 22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5A_{sa}\sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u \\ A_s &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 = 379,94 \text{ mm}^2 \\ E_c &= 4700\sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,5A_{sa}\sqrt{f_c' \cdot E_c} &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa} \times 25742,9602 \text{ Mpa}} \\ &= 166945,567 \text{ N} \\ &= 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned} R_g \cdot R_p \cdot A_s \cdot F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\ &= 116831,6 \text{ N} \\ &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka yang digunakan adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned} V' = T &= F_y \cdot A_s \\ &= 250 \text{ Mpa} \times 28720 \text{ mm}^2 \\ &= 7180000 \text{ N} \\ &= 7180 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser output SAP = 337,47 kN, maka digunakan 7180kN.

Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 n &= V' / Q_n \\
 &= 7180 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\
 &= 61,456 \text{ buah} \sim 62 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
 \end{aligned}$$

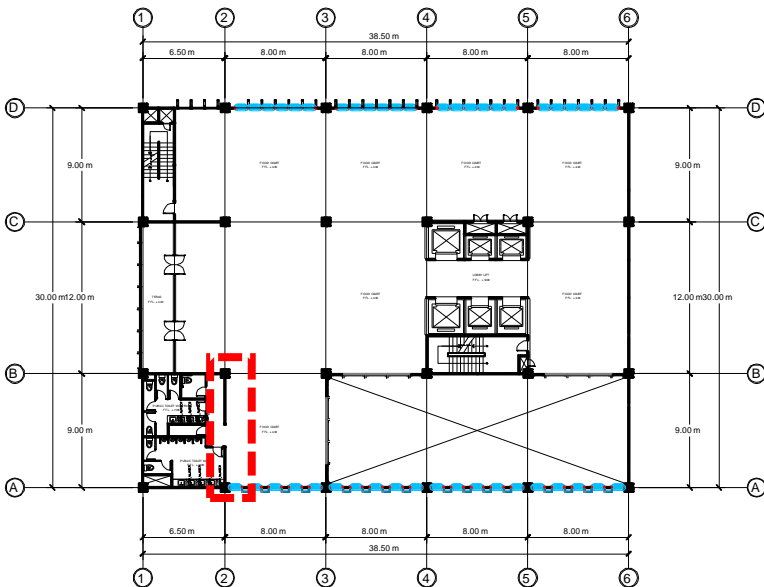
**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma Q_n = 124 \varnothing 22 \text{ mm}$**

#### 7.2.4 Balok Induk HY 450x300x12x25 (Arah Y)

Balok induk yang akan direncanakan adalah balok induk elemen frame 94 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00.

##### ○ Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

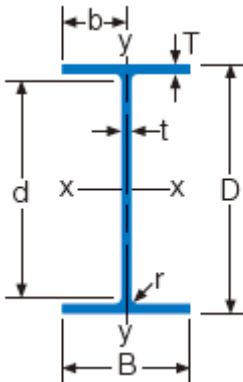


**Gambar 7.11 Balok induk elemen frame 94 yang berlokasi di lantai Mezzani elevasi + 4.00**

## b. Data Material

<b>Baja :</b>			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	250	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	410	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beton :</b>			
Mutu beton ( $f_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
BJ beton tidak bertulang	=	2200	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25742,96	Mpa
tebap pelat (tp)	=	0,13	m

## c. Data Profil



Catatan :  $T=tf$ ,  $B=bf$ ,  $t=tw$ ,  $D=d$

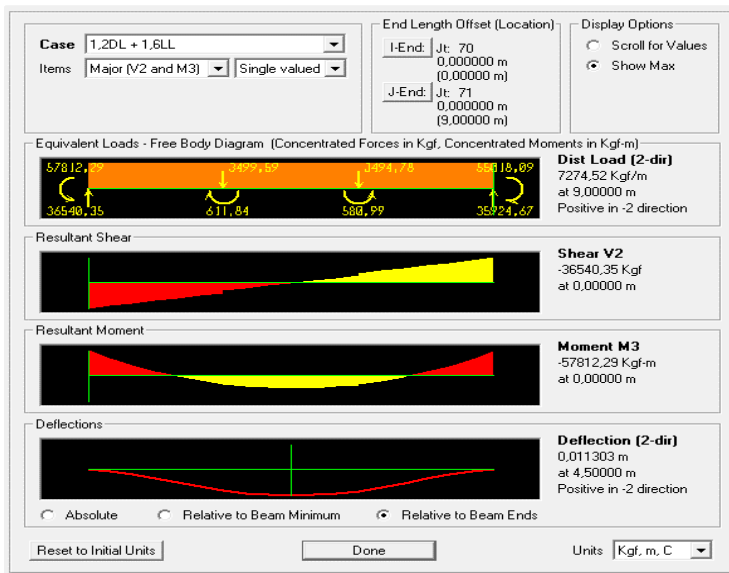
Sumber profil : Katalog produk  
Nippon Steel & Sumitomo Metal

HY 450 x 300 x 12 x 25										
W	=	157	kg/m	r	=	13	mm	hw	=	d-2.(tf+r)
A	=	199,4	mm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	74800	cm <sup>4</sup>		=	400 mm
d	=	450	mm	I <sub>y</sub>	=	11300	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	194	cm		=	48 cm <sup>2</sup>
tw	=	12	mm	i <sub>y</sub>	=	751	cm	bf/2.t	=	6 mm
tf	=	25	mm	S <sub>x</sub>	=	3320	cm <sup>3</sup>			

○ **Analisa struktur balok,**

Berdasarkan hasil analisa struktur balok induk menggunakan software SAP 2000 didapatkan gaya-gaya dalam maksimum yang terjadi akibat beban gempa sesuai dengan gambar di bawah ini.

Diagrams for Frame Object 94 (H 450 X 300 X 12 X 25)



### Gambar 7.12 Gambar Output SAP Momen dan Geser Balok Induk Elemen Frame 94

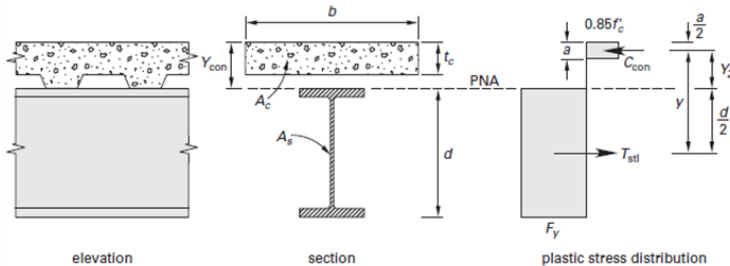
Momen dan gaya geser pada balok induk adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen maksimum} = 57812,29 \text{ kg.m} = 567,14 \text{ kN.m}$$

$$\text{Gaya geser maksimum} = 358460,36 \text{ N} = 358,46 \text{ kN}$$

## Perhitungan Struktur Balok Induk Komposit Lantai Hotel

### 1. Lebar Efektif Pelat



Gambar Potongan Balok Komposit

Berdasarkan data geometris dan persyaratan bentang dan jarak balok, maka didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{Panjang bentang} = 9.00 \text{ m}$$

$$\text{Lebar efektif, } b_e = 3.00 \text{ m}$$

### 2. Check Klasifikasi Profil

Persyaratan tekuk lokal,

<p>○ Syarat penampang kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 10,748$	<p>○ Syarat penampang tidak kompak</p> <p>Sayap,</p> $\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 28,284$
--	--

Badan, $\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 106,349$	Badan, $\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}$ $= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$ $= 161,220$
--	--

Kontrol penampang.

- Sayap :  
 $b_f / 2.t_f = 300 \text{ mm} / 2 \times 25 \text{ mm}$   
 $= 6,000 < 10,748$  (**Sayap kompak**)
- Badan :  
 $\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$   
 $= 374 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$   
 $= 31,167 < 28,284$  (**Badan kompak**)

Kesimpulan : Profil HY 450x300x12x25 adalah **“Penampang Kompak”**.

### 3. Resultan Gaya Kopel Maksimum

Beton :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot (4000 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 13260000 \text{ N} \\
 &= 13260 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Baja :

$$\begin{aligned}
 T &= F_y \cdot A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa} \cdot 19940 \text{ mm}^2 \\
 &= 4985000 \text{ N} \\
 &= 4985 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai  $C > T$ , maka garis netral plastis berada pada **“pelat beton bertulang”**.

$$a = \frac{F_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$a = \frac{250 \text{ Mpa} \cdot 19940 \text{ mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa} \cdot 4000 \text{ mm}} = 48,87 \text{ mm}$$



#### 4. Momen Letur Positif Balok Komposit

$$Y_c = t_{\text{pelat}} = 130 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= Y_c - 0,5a \\ &= 130 \text{ mm} - (0,5 \times 48,87 \text{ mm}) \\ &= 105,5637255 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_y \cdot A_s \cdot (Y_2 - 0,5d) \\ &= 250 \text{ Mpa} \cdot 199440 \text{ mm}^2 \cdot (105,5637 \text{ mm} + 0,5 \cdot 450 \text{ mm}) \\ &= 1647860172 \text{ N.mm} \\ &= 1647,860 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 1647,860 \text{ kN.m} \\ &= 1483,074 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

#### 5. Kapasitas Netto Balok Komposit terhadap Beban Hidup

Pelat beton dan berat sendiri baja dihitung sebagai beban mati sehingga :

Beban mati,

Beban pelat (super dead)	: (qsd x be)	= 1236,000 kg/m
Berat bondex	: (bondex x be)	= 40,400 kg/m
Berat pelat	: (q pelat x tp x be)	= 1248,000 kg/m
Berat balok baja	:	= 157,000 kg/m

±

$$\begin{aligned} Q_u &= 2681,400 \text{ kg/m} \\ &= 26,305 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban mati terfaktor,

$$\begin{aligned} Q_d &= 1,2 \times Q \\ &= 1,20 \times 26,305 \text{ kN/m} \\ &= 31,565 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati,

$$M_{u_{\text{pelat}}} = 1/8 \cdot Q_d \cdot L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,125 \times 31,57 \text{ kN/m} \times (9,0 \text{ m})^2 \\
 &= 319,600 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kapasitas netto balok tanpa beban mati adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 \mu &= \phi \cdot M_n - \mu_{\text{pelat}} \\
 &= 1483,074 \text{ kN.m} - 319,600 \text{ kN.m} \\
 &= 1163,474 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### 6. **Pu Maksimum di Tengah Bentang, $\mu = 866,26 \text{ kN.m}$**

Jika  $P = P_u$ ,  $M_{\text{maks}} = \mu$  dan  $M_{\text{maks}} = 4,0 P$ , maka :

$$P = \frac{M_{\text{maks}}}{4} = \frac{1163,474 \text{ kN.m}}{4,0} = 290,869 \text{ kN}$$

#### 7. **Kuat Geser Balok ( Dihitung seperti Balok Biasa )**

Kontrol Geser,

$$V_u = (1/2 \cdot P_u) = 145,434 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 358,46 \text{ kN}$$

(Maka digunakan  $V_u = 358,46 \text{ kN}$ )

$$h_w / t_w = 450 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$$

$$= 37,500$$

$$1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,10 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}}$$

$$= 69,570$$

$$1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,37 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}}$$

$$= 86,646$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 &= 0,6 \times 250 \text{ Mpa} \times 4800 \text{ mm}^2 \times 1,00 \\
 &= 720000 \text{ N} \\
 &= 720,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &= 0,9 \times 720000 \text{ kN} \\
 &= 648000 \text{ N} \\
 &= 648,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_v V_n &> V_u \\
 648,00 &> 55,32 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Beban titik maksimum  $P_u = 96,25 \text{ kN}$ , ditentukan oleh momen plastis balok komposit yang terjadi di kondisi yang jauh di bawah kapasitas gesernya. Geser tidak menentukan.

## 8. Perhitungan Penampang Elastis Transformasi

Untuk berat beton normal  $w_c$  antara 1440 s/d 2550  $\text{kg/m}^3$ , maka :

$$n = \frac{E}{E_{\text{concrete}}} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{25742,96 \text{ Mpa}} = 7,77$$

Keterangan :

$n$  : rasio modular / penampang elastis transformasi

$$\frac{be}{n} = \frac{4000mm}{7,77} = 514,9mm \sim 515 mm$$

Tabel Perhitungan properti elastis penampang

No.	Penampang	b mm	h mm	$A_i$ cm <sup>2</sup>	$y_i$ cm	$A_i \times y_i$ cm <sup>3</sup>	$I_o$ cm <sup>4</sup>	$A_i \times (y_o - y_i)^2$ cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	1158	130	1506,0	6,5	9788,8	21209,0	4490,8	10,8
2	Profil WF	300	450	182,2	23	4099,5	67800,0	37118,3	89,2
$\Sigma$				1688,2		13888,3	89009,0	41609,1	100,0

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{18459,7 \times (10^3) mm^3}{1110,1 \times (10^2) mm^2} = 82,27 mm$$

Keterangan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$I_{tr} = \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2$$

$$I_{tr} = 89008,98(10^4) mm^4 + 41609,09(10^4) mm^4$$

$$= 130618,07(10^4) mm^4$$

### **Commentary I3.2 ( AISC 2010 ) :**

Dijelaskan tidak praktis membuat analisis akurat kekakuan balok komposit. Pengukuran lendutan jangka pendek memperlihatkan bahwa momen inersia efektif,  $I_{eff}$  adalah sekitar 15% - 30% lebih rendah dari teori elastis,  $I_{equiv}$  atau sama nilainya dengan  $I_{tr}$ . Oleh sebab itu agar hasilnya realistis (Dewobroto, 2016).

$$I_{eff} = 0,75 \cdot I_{equiv}$$

$$= 0,75 \times 130618,07(10^4) mm^4$$

$$= 97963,56(10^4) \text{ mm}^4$$

### 9. Perhitungan Lendutan Jangka Pendek (Tahapan Konstruksi)

Beban pada kondisi kerja, tanpa faktor beban qD adalah beban merata akibat berat sendiri profil baja dan pelat betonsegar. Ditinjau per balok.

$$\begin{aligned} qD &= \text{berat pelat} + \text{berat profil} \\ &= (2400 \text{ kg/m}^3 \times 9,0 \text{ m} \times 0,13 \text{ m}) + 143 \text{ kg} \\ &= 2951,00 \text{ kg/m} \\ &= 28,95 \text{ kN/m} = 28,95 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang bentang = 8,0 m

$$\Delta D = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_{baja}}$$

$$\Delta D = \frac{5 \times 16,73 \text{ N.mm} \times (9000 \text{ mm})^4}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times (340000 \cdot 10^4) \text{ mm}^4} = 11,39 \text{ mm}$$

( Aksi Non Komposit )

### 10. Evaluasi Balok Sebagai Struktur Non Komposit atau Balok Biasa (Konsekuensi Unshored Construction)

#### a. Kontrol

- Kontrol lentur akibat tekuk lokal ( $M_n = M_p$ )

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$h_w = d - 2 \cdot t_f$$

$$= 406,0 \text{ mm}$$

$$h_f = 428,0 \text{ mm}$$

$$Z_x = 494508 \text{ mm}^3 + 2824800 \text{ mm}^3$$

$$= 3319308 \text{ mm}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ M_p &= 250 \text{ Mpa} \times 3319308 \text{ mm}^3 \\ &= 829827000 \text{ N.mm} \\ &= 829,83 \text{ kN.m} > 19,4 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

( **Memenuhi** )

$$\begin{aligned} M_u &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \times 829,83 \text{ kN.m} \\ &= 746,8443 \text{ kN.m} > 17,53 \text{ kN.m} \\ &\quad \text{( **Memenuhi** )} \end{aligned}$$

Atau,

$$\begin{aligned} FK &= M_u / (\text{Mu output SAP}) \\ &= 746,8443 \text{ kN.m} / 17,529 \text{ kN.m} \\ &= 42,6 > 1 \text{ ( **Memenuhi** )} \end{aligned}$$

- Kontrol lentur akibat tekuk torsi lateral.

$$L_b = 0,1 \text{ m} = 100 \text{ mm} \text{ (jarak antar shear connector)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1,76 \times 18 \text{ mm} \times \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}$$

$$= 647,144 \text{ mm} = 0,647 \text{ m}$$

$$r_t = \frac{bf}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \cdot h \cdot tw}{6 \cdot bf \cdot tf} \right)}} = \frac{400 \text{ mm}}{\sqrt{12 \left( 1 + \frac{1 \times 450 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}}{6 \times 300 \times 22 \text{ mm}} \right)}} = 81,24038 \text{ mm}$$

Untuk profil I simetris ganda :  $c = 1$  (**Berdasarkan : Persamaan F2-8a SNI 1729 : 2015**)

$$L_r = 1,95 \cdot r_t \cdot \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_{xho}} + \left( \frac{J_c}{S_{xho}} \right)^2} + 6,76 \left( \frac{0,7 \cdot F_y}{E} \right)^2$$

Dimana :

Konstanta torsi,

$$J_c = \frac{2b.tf^3 + (h - tf).tw^3}{3} = \frac{2 \times 22^3 + (450 - 22).12^3}{3} = 2376128$$

$$\begin{aligned} h_o &= h - 2.tf \\ &= 450 \text{ mm} - 2 \times 22 \text{ mm} \\ &= 406 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x.h_o &= 3010000 \text{ mm}^3 \times 406 \text{ mm} \\ &= 1222060000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times 81,24038 \cdot \frac{200000}{250} \times$$

$$\begin{aligned} &\sqrt{\frac{2376128}{1222060000} + \left(\frac{2376128}{1222060000}\right)^2} + 6,76 \left(\frac{0,7.250}{200000}\right)^2 \\ &= 8530,743 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesimpulan :  $L_r > L_b$  atau  $8530,743 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$  , maka dikategorikan sebagai **“Bentang Pendek”**

- Kekuatan lentur nominal terfaktor,

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Nilai  $C_b$  dihitung sebagai berikut :

(Nilai  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  diambil dari Output SAP 2000)

$$L_b = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$M_A = 7195,90 \text{ kg.m} = 70591779,00 \text{ N.mm}$$

$$M_B = 1330,41 \text{ kg.m} = 13051322,10 \text{ N.mm}$$

$$M_C = 7797,85 \text{ kg.m} = 76496908,50 \text{ N.mm}$$

$$M_{\max} = M_C$$

$$C_b = \frac{12,5x(7797,85)}{(2,5x7797,85) + (3x7195,9) + (4x1330,41) + (3x7797,85)}$$

$C_b = 1,397$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{1,397x3,14^2x200000}{\left(\frac{100}{81,24038}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{2376128}{1222060000} \left(\frac{100}{81,24038}\right)^2}$$

$F_{cr} = 1817724,449$

Tipe bentang : **Bentang Pendek**

Bentang Pendek	Bentang Menengah	Bentang Panjang
<b>Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>	<b>Tidak Berlaku</b>
$L_b \leq L_r$	$L_p \leq L_b \leq L_r$	$L_b \geq L_r$
$M_n = M_p$	$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$	$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

$M_n = M_p$   
 $= 829,83 \text{ kN.m}$

$\phi M_n = 0,9 \times 829,83 \text{ kN.m}$   
 $= 746,84 \text{ kN.m}$

Syarat,

$M_u \text{ (output SAP)} \leq \phi M_n$   
 $171,96 \text{ kN.m} \leq 746,84 \text{ kN.m (Memenuhi)}$

Demand capacity ratio (R).



$$\begin{aligned}
 R &= \frac{171,96 \text{ kN.m}}{746,84 \text{ kN.m}} \\
 &= 0,230 < \text{Max}(0,7) \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

### 11. Kondisi Struktur ketika Telah Beroperasi,

Beban hidup  $P = P_u / LF$

Dimana LF adalah live load factor.

$$P = \frac{96,251 \text{ kN}}{1,6} = 60,157 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{60157,1297 \text{ N.mm} \times 8000^3}{48 \times 200000 \times 979635570,859} \\
 &= 3,275 \text{ mm} \quad (\text{Aksi Komposit})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{total} &= \Delta D + \Delta L \\
 &= 11,386 \text{ mm} + 3,275 \text{ mm} \\
 &= 14,661 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 12. Perhitungan Lendutan Jangka Panjang (Rangak dan Susut)

Tidak ada petunjuk khusus perencanaan balok komposit terhadap lendutan jangka panjang ( Commentary AISC 2010 ). Adapun penyebab rangak dan susut adalah material beton, oleh sebab itu petunjuk ACI 209R-92 akan dijadikan rujukan (Dewobroto, 2016).

#### o Creep / Rangak,

CI 209R-92 memberikan koefisien rangak terhadap fungsi waktu sebagai berikut :

Tabel Rasio Koefisien Rangkak Terhadap Waktu  
(Referensi : ACI 290R-92)

Rasio	28 hari	3 bulan	6 bulan	1 tahun	2 tahun
vt / vu	0,42	0,6	0,69	0,78	0,84
Rasio	5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	
vt / vu	0,9	0,93	0,95	0,96	

$$vt = 2,35 \gamma_c \quad (\text{ACI 290R-92})$$

Dianggap  $\gamma_c = 1$ , sehingga  $vu = 2,35$

Ditinjau lendutan 30 tahun, maka :

$$\begin{aligned} vt &= 0,96 \cdot vu \\ &= 0,96 \times 2,35 \\ &= 2,256 \end{aligned}$$

Modulus elastisitas efektif setelah rangkak adalah sebagai berikut :

$$Ee = \frac{Eci}{(1 + vt)} = \frac{4700\sqrt{30Mpa}}{1 + 2,256} = 7906,315Mpa$$

Perhitungan penampang elastis ransformasi dengan rangkak, untuk beton berat normal  $w_c$  antara 1440 - 2560  $kg/m^3$  maka :

$$n = \frac{Ebaja}{Ee} = \frac{200000Mpa}{7906,315Mpa} = 25,30$$

$$\frac{be}{n} = \frac{9000mm}{25,3} = 356mm$$

Tabel Perhitungan Properti Elastis Penampang

No.	Penampa ng	b mm	h mm	Ai cm <sup>2</sup>	yi cm	Ai x yi cm <sup>3</sup>	I <sub>e</sub> cm <sup>4</sup>	Ai x (y <sub>e</sub> - yi) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	%
1	Pelat	356	130	462,519	6,5	3006,376	6513,8	31065,7	28,26
2	Profil WF	300	450	182,200	36	6468,100	67800,0	78861,1	71,74
$\Sigma$				644,719		9474,476	74313,8	109926,8	100,00

Keterangan : dimensi dan luasan profil baja berdasarkan tabel.

$$y_o = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\sum A_i \cdot y_i &= 9474,76 \text{ cm}^3 &= 9474,76 \times 10^3 \text{ mm}^3 \\ \sum A_i &= 644,72 \text{ cm}^2 &= 644,72 \times 10^2 \text{ mm}^2 \\ y_o &= \frac{9474,76 \times 10^3 \text{ mm}^3}{644,72 \times 10^2 \text{ mm}^2} &= 146,96 \text{ mm}\end{aligned}$$

Catatan :  $y_i$  adalah garis netral segmen yang ditinjau terhadap sisi atas.

$$\begin{aligned}I_{tr} &= \sum I_o + \sum A_i (y_o - y_i)^2 \\ &= 74313,81 \cdot (10^4) \text{ mm}^4 + 109926,79 \cdot (10^4) \text{ mm}^4 \\ &= 184240,60 \cdot (10^4) \text{ mm}^4\end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup, } P = P_u / LF = 6 \text{ kN}, 16$$

**Catatan** : Karakter beban hidup adalah fluktuatif atau berubah-ubah. Ini tentu berbeda jika dibandingkan dengan beban mati, yang tetap dan kontinu di sepanjang kinerja strukturnya. Jadi wajar kalau hanya sebagian dari beban hidup yang berkontribusi pada efek rangkak. Berapa besarnya tentu berbeda dengan kasus satu dengan lainnya. Pada konteks ini dianggap hanya 25%. Bagian sisanya tidak berkontribusi dan bersifat elastis saja (Dewobroto, 2016).

Beban hidup yang mempengaruhi rangkak dianggap 25%, maka faktor reduksi 0,75 I equiv tidak diperlukan lagi.

$$\Delta 0,25L = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_{eff}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,25 \times 60157,1297 \text{ N}) \times (8000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \times (1842406144,394)} \\
 &= 2,53 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Beban hidup yang tidak mempengaruhi efek rangkai dianggap 75%. 0,75 Ieqif tetap diterapkan seperti pada hitungan.

$$\begin{aligned}
 \Delta 0,75L &= \frac{P.L^3}{48.E.I_{eff}} \\
 &= \frac{(0,75 \times 60157,1297 \text{ N}) \times (8000 \text{ mm})^3}{48 \times 200000 \text{ Mpa} \cdot (979635570,859)} \\
 &= 2,46 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

○ Shrinkage (Susut).

perhitungan regangan susut yang diperlukan dapat diambil sebesar 0,02% (AISC 2010).

$$\begin{aligned}
 P_{sh} &= \epsilon_{sh} \cdot E_c \cdot A_c \\
 &= 0,02\% \times 25742,96 \text{ Mpa} \times (130 \text{ mm} \times 1/1000 \\
 &\text{mm}) \\
 &\quad \times 9000 \\
 &= 6023853 \text{ N} \\
 &= 6023,85 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= y_o - 1/2t \\
 &= 82,268 \text{ mm} - (0,5 \times 130 \text{ mm}) \\
 &= 17,268 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{sh} &= \frac{P_{sh} \cdot e \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I_{tr}} \\
 &= \frac{6023852,687 \times 17,26847 \text{ mm} \times (8000 \text{ mm})^2}{8 \times 200000 \text{ N / mr} \cdot (1842406144,394) \text{ mm}^4} \\
 &= 2,26 \text{ mm ( Aksi Komposit )}
 \end{aligned}$$

Jadi lendutan balok jangka panjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{total}} &= \Delta D + \Delta 0,25L + \Delta 0,75L + \Delta sh \\ &= 11,39 \text{ mm} + 0,435 \text{ mm} + 2,46 \text{ mm} + 2,26 \text{ mm} \\ &= 16,536 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 13. Kontrol Lendutan Akhir

Kontrol lendutan,

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{total}} &= 16,54 \text{ mm} \\ \Delta_{\text{ijin}} &= L/360 \\ &= 8000 \text{ mm} / 360 \\ &= 22,22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat,

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{max}} &< \Delta_{\text{ijin}} \\ 16,54 \text{ mm} &< 22,22 \text{ mm} \text{ ( Memenuhi )}\end{aligned}$$

### 14. Shear-Stud dan Pemasangannya

Tebal pelat dasar = 22 mm

Diameter shear stud yang digunakan antara  $\varnothing 7/8'' - 4 3/8''$  atau 22 mm s/d 111 mm.

Syarat :

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ stud} &\leq 2,5 \times \text{tebal pelat dasar} \\ \varnothing \text{ stud maksimum} &= 2,5 \times 22 \text{ mm} \\ &= 55 \text{ mm} \\ \varnothing \text{ stud digunakan} &= 22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat geser nominal shear stud tunggal tertanam di pelat beton solid dapat memakai rumus baru AISC 2010 sebagai berikut :

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f_c'} Ec \leq R_g R_p A_s a F_u$$

$$\begin{aligned}A_s a &= 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (22 \text{ mm})^2 &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad \quad \quad = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 0,5A_{sa}\sqrt{f_c'}.Ec &= 0,5 \times 379,9 \text{ mm}^2 \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times \\
 &25742,96 \text{ Mpa} \\
 &= 166,946 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$R_g = 1$  (Untuk pelat beton bertulang biasa tanpa dek baja dan shear stud dilas langsung pada profil balok)

$R_p = 0,75$  (Untuk pelat beton bertulang biasa. Shear stud dilas langsung pada pelat sayap profil balok)

$$\begin{aligned}
 R_g.R_p.A_s.F_u &= 1 \times 0,75 \times 380 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ Mpa} \\
 &= 116831,6 \text{ N} \\
 &= 116,83 \text{ kN} > 166,946 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka yang digunakan adalah  $Q_n = 116,83 \text{ kN}$

Gaya geser perlu,  $V'$  dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit diperoleh :

$$\begin{aligned}
 V' = T &= F_y \cdot A_s \\
 &= 250 \text{ Mpa} \times 18220 \text{ mm}^2 \\
 &= 4555000 \text{ N} \\
 &= 4555 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya geser output SAP = 358,46 kN, maka digunakan 4555 kN.

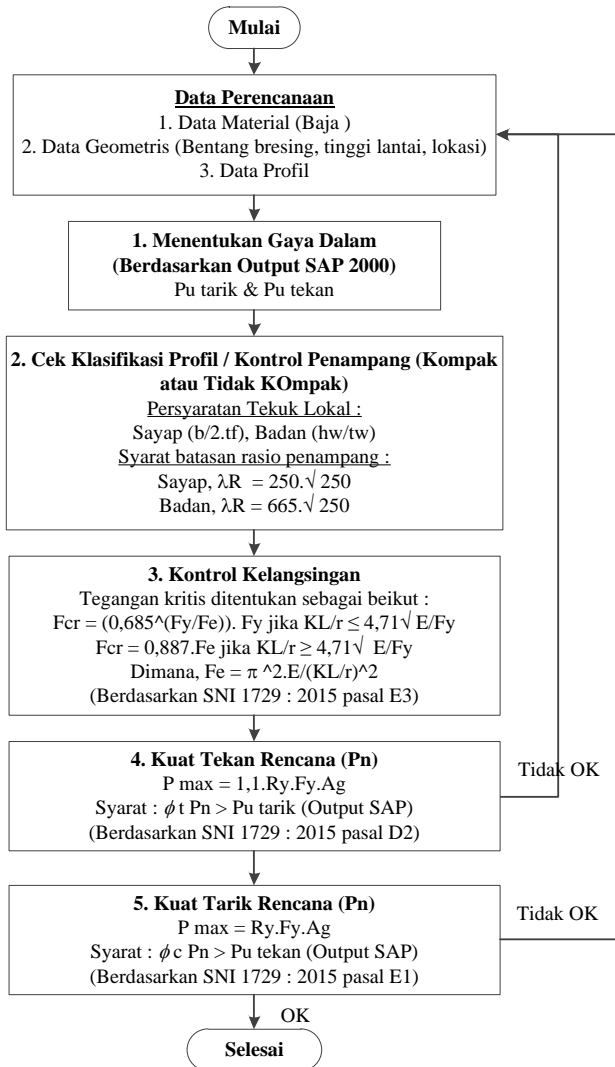
Jumlah shear stud yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 n &= V' / Q_n \\
 &= 4555 \text{ kN} / 116,83 \text{ kN} \\
 &= 38,98 \text{ buah} \sim 39 \text{ buah, tiap setengah bentangnya.}
 \end{aligned}$$

**Shear stud yang diperlukan  $\Sigma n = 78 \varnothing 22 \text{ mm}$**

### **7.3 Perencanaan Bresing**

Bresing pada struktur ini didominasi oleh gaya aksial karena tidak direncanakan memikul momen yang besar agar perilakunya sesuai dengan kebutuhan leleh pada sambungan. Bresing didesain didasarkan pada besaran gaya normal yang dipikul olehnya. Besarnya gaya-gaya dalam di dapat dari program bantu SAP 2000 v.14. Analisa struktur bresing dilakukan pada salah satu sisi bidang (sisi X dan sisi Y model) yang mempunyai gaya terbesar.



**Gambar 7.13 Diagram Alir Perencanaan Bresing**



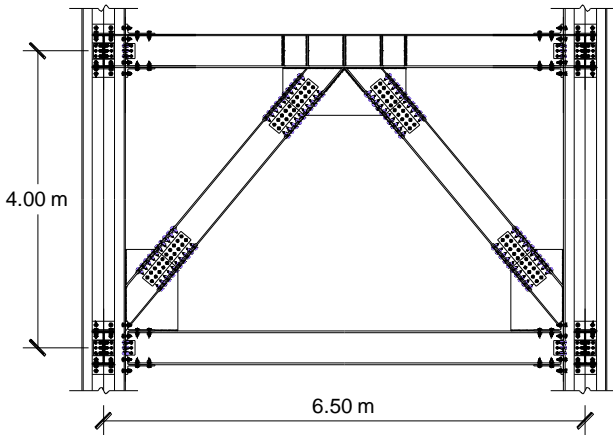
### 7.3.1 Bresing X (WF 390x300x10x16)

#### 1. Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

Bentang bresing,  $L = 6,50 \text{ m}$

Tinggi lantai,  $t = 4,00 \text{ m}$



**Gambar 7.14 Rencana Bresing Arah X WF 390x300x10x16**

##### b. Data Material

Profil Baja:

Mutu baja = BJ 41

Tegangan leleh minimum,  $f_y = 250 \text{ Mpa}$

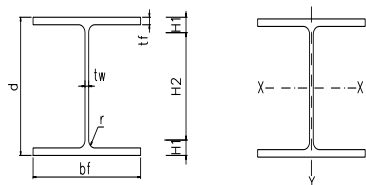
Tegangan putus minimum,  $f_u = 410 \text{ Mpa}$

$f_r = 70 \text{ Mpa}$

Modulus elastisitas ( $E_s$ ) = 200000 Mpa

Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>2</sup>

c. Data Profil



Sumber profil : PT. Gunung Garuda

WF 390.300.10.16									
W	=	107	kg/m	r	=	22	mm	hw	= d-2.(tf+r)
A	=	136,0	cm <sup>2</sup>	Ix	=	38700	cm <sup>4</sup>		= 326 mm
d	=	390	mm	Iy	=	7210	cm <sup>4</sup>	Aw	= (d-2.tf).tw
bf	=	300	mm	ix	=	16,87	cm		= 35,8 cm <sup>2</sup>
tw	=	10	mm	iy	=	7,28	cm	bf/2	= 9,38 mm
tf	=	16	mm	Sx	=	1985	cm <sup>3</sup>		

2. Gaya Dalam

Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output SAP 2000, terjadi pada bresing lantai Mezzani elevasi + 4.00, elemen frame 2248 dengan kombinasi beban 0,9 DL + 1,0 Qx

Pu- = -82222,59 (Tekan)  
Pu+ = 72221,44 (Tarik)

$\alpha = \arctan \frac{t}{L / 2}$   
 $= \arctan \frac{4,0m}{6,5m / 2}$   
 $= 50,90^{\circ}$

$$\begin{aligned}
 \text{Pu tekan} &= \frac{Pu -}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{82222,59 \text{ kg}}{\sin 51^\circ} \\
 &= 105941,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pu tarik} &= \frac{Pu +}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{72221,44 \text{ kg}}{\sin 51^\circ} \\
 &= 93055,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda R = 250 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 250 \cdot \sqrt{250 \text{ Mpa}}</math>  <math>= 15,811</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda R = 665 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 665 \cdot \sqrt{250 \text{ Mpa}}</math>  <math>= 42,058</math> </li> </ul>
--	--

-Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot tf = 300 \text{ mm} / 2 \cdot 16 \text{ mm}$   
 $= 9,375 < 15,811$  ( **Sayap kompak** )
- Badan :  
 $\{d - (2tf + 2r)\} / tw = hw / tw$   
 $= 326 \text{ mm} / 10 \text{ mm}$   
 $= 32,60 > 42,058$   
( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil WF 390x300x10x16 adalah “**Penampang Kompak**”.

### 4. Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bresing, } L' &= \sqrt{(L / 2)^2 + t^2} \\
 &= \sqrt{(6,50 / 2)^2 + 4,00^2} \\
 &= 5,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 515,39 \text{ cm}$$

$$\text{Arah } x \rightarrow \lambda_x = \frac{Lkx}{ix} = \frac{515,39 \text{ cm} \cdot 1}{16,87 \text{ cm}} = 30,55$$

$$\text{Arah } y \rightarrow \lambda_y = \frac{Lky}{iy} = \frac{515,39 \text{ cm} \cdot 1}{7,28 \text{ cm}} = 70,79$$

(Arah y **Menentukan**)

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 20000000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{(70,795)^2} = 34,44 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan kritis  $F_{cr}$ , ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{Lk}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$70,80 \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{2500 \text{ kg} / \text{cm}^2}}$$

$$70,80 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left( 0,685^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \cdot F_y \\ &= \left( 0,685^{\frac{2500}{3934,44}} \right) \cdot 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \\ &= 1965,78 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

## 5. Kuat Tarik Rencana

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 136 \text{ cm}^2 \\ &= 510000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_c P_n &= 0,9 \times 510000 \text{ kg} \\ &= 459000 \text{ kg} > (P_u = 93055,19549 \text{ kg})\end{aligned}$$

Rasio batang tarik,

$$\frac{P_{tarik}}{\phi_c P_n} = \frac{93055,20 \text{ kg}}{459000 \text{ kg}} = 0,20 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

## 6. Kuat Tekan Rencana

$$\begin{aligned}P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 136 \text{ cm}^2 \times 1965,78 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 441121,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_c P_n &= 0,85 \times 441121,60 \text{ kg} \\ &= 374953,36 \text{ kg} > 105941,38\end{aligned}$$

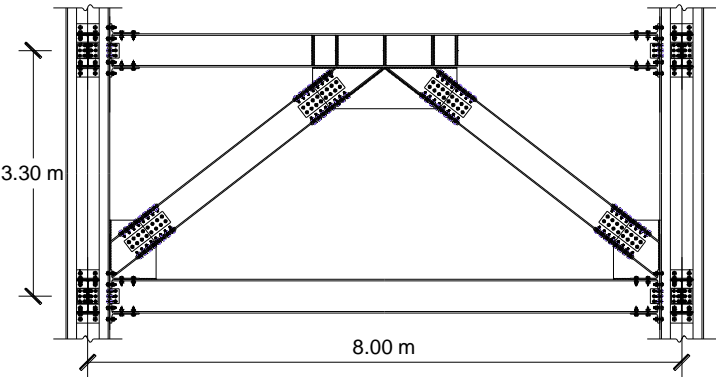
$$\frac{P_{tekan}}{\phi_c P_n} = \frac{105941,38 \text{ kg}}{374953,36 \text{ kg}} = 0,28 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

### 7.3.2 Bresing (WF 400x200x8x13)

#### 1. Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

$$\begin{aligned}\text{Bentang bresing, } L &= 8,00 \text{ m} \\ \text{Tinggi lantai, } t &= 3,30 \text{ m}\end{aligned}$$

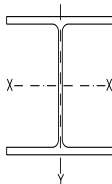
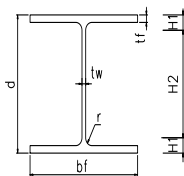


**Gambar 7.15 Rencana Bresing Arah X WF (WF 400x200x8x13)**

c. Data Material

Profil Baja:	
Mutu baja	= BJ 41
Tegangan leleh minimum, $f_y$	= 250 Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	= 410 Mpa
Fr	= 70 Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	= 200000 Mpa
Berat jenis baja	= 7850 kg/m <sup>2</sup>

d. Data Profil



Sumber profil : PT. Gunung  
Garuda

WF 400.200.8.13											
W	=	66	kg/m	r	=	16	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	84,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	23700	cm <sup>4</sup>		=	352	mm
d	=	400	mm	I <sub>y</sub>	=	1740	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	200	mm	i <sub>x</sub>	=	16,79	cm		=	29,9	cm <sup>2</sup>
tw	=	8	mm	i <sub>y</sub>	=	4,55	cm	bf/2	=	7,69	mm
tf	=	13	mm	S <sub>x</sub>	=	1185	cm <sup>3</sup>				

### 3. Gaya Dalam

Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output SAP 2000, terjadi pada bresing lantai Mezzani elevasi + 4.00, elemen frame 2206 dengan kombinasi beban 0,9 DL + 1,0 Q<sub>x</sub>

$$Pu- = -46282,64 \text{ (Tekan)}$$

$$Pu+ = 38268,25 \text{ (Tarik)}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan \frac{t}{L/2} \\ &= \arctan \frac{3,30m}{8,0m/2} \\ &= 39,5226313^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pu \text{ tekan} &= \frac{Pu-}{\sin \alpha} \\ &= \frac{46282,64kg}{\sin 40^\circ} \\ &= 72727,66 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$Pu \text{ tarik} = \frac{Pu+}{\sin \alpha}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{38268,25 \text{ kg}}{\sin 40^\circ} \\
 &= 60134 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda_R = 250 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 250 \cdot \sqrt{250 \text{ Mpa}}</math>  <math>= 15,811</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda_R = 665 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 665 \cdot \sqrt{250 \text{ Mpa}}</math>  <math>= 42,058</math> </li> </ul>
--	--

-Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot tf = 200 \text{ mm} / 2 \cdot 13 \text{ mm}$   
 $= 7692 < 15,811$  ( **Sayap kompak** )
- Badan :  
 $\{d - (2tf + 2r)\} / tw = hw / tw$   
 $= 352 \text{ mm} / 8 \text{ mm}$   
 $= 44,000 > 42,058$   
( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil WF 390x300x10x16 adalah “**Penampang Kompak**”.

#### 5. Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bresing, } L' &= \sqrt{(L / 2)^2 + t^2} \\
 &= \sqrt{(8,00 / 2)^2 + 3,30^2} \\
 &= 5,19 \text{ m} \\
 &= 518,56 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Arah } x \rightarrow \lambda_x = \frac{Lkx}{ix} = \frac{518,56 \text{ cm} \cdot 1}{16,79 \text{ cm}} = 30,8848$$



$$\begin{aligned} \text{Arah } y \rightarrow \lambda_y &= \frac{Lk_y}{i_y} = \frac{518,56 \text{ cm} \cdot 1}{4,55 \text{ cm}} = 113,968 \\ &(\text{Arah } y \text{ Menentukan}) \end{aligned}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \times 20000000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{(113,968)^2} = 1518,17 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan kritis  $F_{cr}$ , ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{Lk}{i} &\leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ 113,97 &\leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{2500 \text{ kg} / \text{cm}^2}} \\ 113,97 &\leq 133,22 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left(0,685^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \cdot F_y \\ &= \left(0,685^{\frac{2500}{1518,17}}\right) \cdot 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \\ &= 1340,82 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

## 6. Kuat Tarik Rencana

$$\begin{aligned} P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 1,5 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 84,12 \text{ cm}^2 \\ &= 315450 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &= 0,9 \times 315450 \text{ kg} \\ &= 283905 \text{ kg} > (P_u = 60133,99591 \text{ kg}) \end{aligned}$$

Rasio batang tarik,

$$\frac{Putarik}{\phi_c P_n} = \frac{60134,00kg}{283905kg} = 0,21 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

## 7. Kuat Tekan Rencana

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 84,12 \text{ cm}^2 \times 1340,82 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 186102,514 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &= 0,85 \times 186102,5 \text{ kg} \\ &= 158187,14 \text{ kg} > 72727,66 \end{aligned}$$

$$\frac{P_{tekan}}{\phi_c P_n} = \frac{72727,66kg}{158187,14kg} = 0,46 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

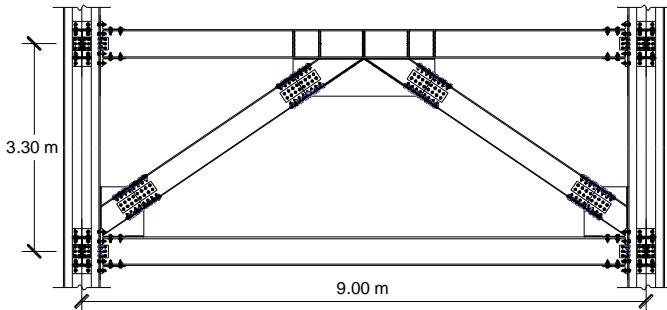
### 7.3.3 Bresing Y (WF 400x300x8x13)

#### 1. Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

$$\text{Bentang bresing, } L = 9,00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi lantai, } t = 3,30 \text{ m}$$



**Gambar 7.16 Rencana Bresing Arah Y WF (WF 400x200x8x13)**

## b. Data Material

Profil Baja:

Mutu baja

= BJ 41

Tegangan leleh minimum,  $f_y$

= 250 Mpa

Tegangan putus minimum,  $f_u$

= 410 Mpa

Fr

= 70 Mpa

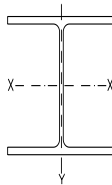
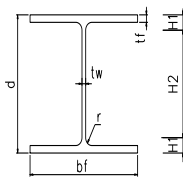
Modulus elastisitas ( $E_s$ )

= 200000 Mpa

Berat jenis baja

= 7850 kg/m<sup>3</sup>

## c. Data Profil



Sumber profil : PT. Gunung Garuda

WF 400.200.8.13											
W	=	66	kg/m	r	=	16	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	84,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	23700	cm <sup>4</sup>		=	352	mm
d	=	400	mm	I <sub>y</sub>	=	1740	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	200	mm	i <sub>x</sub>	=	16,79	cm		=	29,9	cm <sup>2</sup>
tw	=	8	mm	i <sub>y</sub>	=	4,55	cm	bf/2	=	7,69	mm
tf	=	13	mm	S <sub>x</sub>	=	1185	cm <sup>3</sup>				

## 2. Gaya Dalam

Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output SAP 2000, terjadi pada bresing lantai Mezzani elevasi + 4.00, elemen frame 2206 dengan kombinasi beban 0,9 DL + 1,0 Q<sub>x</sub>

$$\begin{aligned} P_{u-} &= -50766,81 \text{ (Tekan)} \\ P_{u+} &= 52394,81 \text{ (Tarik)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{t}{L/2} \\ &= \arctan \frac{3,30m}{9,0m/2} \\ &= 36,2538377^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tekan} &= \frac{P_{u-}}{\sin \alpha} \\ &= \frac{50766,81kg}{\sin 36^\circ} \\ &= 85847,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ tarik} &= \frac{P_{u+}}{\sin \alpha} \\ &= \frac{52394,81kg}{\sin 36^\circ} \\ &= 88599,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda_R = 250 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 250 \cdot \sqrt{250Mpa}</math>  <math>= 15,811</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda_R = 665 \cdot \sqrt{F_y}</math>  <math>= 665 \cdot \sqrt{250Mpa}</math>  <math>= 42,058</math> </li> </ul>
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2.t_f = 200 \text{ mm} / 2.13 \text{ mm}$   
 $= 7692 < 15,811 \text{ ( Sayap kompak )}$
- Badan :  
 $\{d-(2t_f+2r)\} / t_w = h_w / t_w$

$$\begin{aligned}
 &= 352 \text{ mm} / 8 \text{ mm} \\
 &= 44,000 > 42,058
 \end{aligned}$$

( **Badan kompak** )

Kesimpulan : Profil WF 390x300x10x16 adalah “**Penampang Kompak**”.

#### 4. Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bresing, } L' &= \sqrt{(L / 2)^2 + t^2} \\
 &= \sqrt{(9,00 / 2)^2 + 3,30^2} \\
 &= 5,58 \text{ m} \\
 &= 558,03 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Arah x} \rightarrow \lambda_x = \frac{Lk_x}{i_x} = \frac{558,03 \text{ cm} \cdot 1}{16,79 \text{ cm}} = 33,236$$

$$\text{Arah y} \rightarrow \lambda_y = \frac{Lk_y}{i_y} = \frac{558,03 \text{ cm} \cdot 1}{4,55 \text{ cm}} = 122,644$$

(Arah y **Menentukan**)

$$Fe = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} = \frac{3,14^2 \times 20000000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{(122,644)^2} = 1310,97 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan kritis  $F_{cr}$ , ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{Lk}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$122,64 \leq 4,71 \sqrt{\frac{200000 \text{ kg} / \text{cm}^2}{2500 \text{ kg} / \text{cm}^2}}$$

$$122,64 \leq 133,22$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left( 0,685^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \cdot F_y \\
 &= \left( 0,685^{\frac{2500}{1310,97}} \right) \cdot 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \\
 &= 1310,97 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### 5. Kuat Tarik Rencana

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= R_y \cdot F_y \cdot A_g \\
 &= 1,5 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 84,12 \text{ cm}^2 \\
 &= 315450 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c P_n &= 0,9 \times 315450 \text{ kg} \\
 &= 283905 \text{ kg} > (P_u = 88599,98208 \text{ kg})
 \end{aligned}$$

Rasio batang tarik,

$$\frac{P_{\text{tarik}}}{\phi_c P_n} = \frac{88599,98 \text{ kg}}{283905 \text{ kg}} = 0,31 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

### 6. Kuat Tekan Rencana

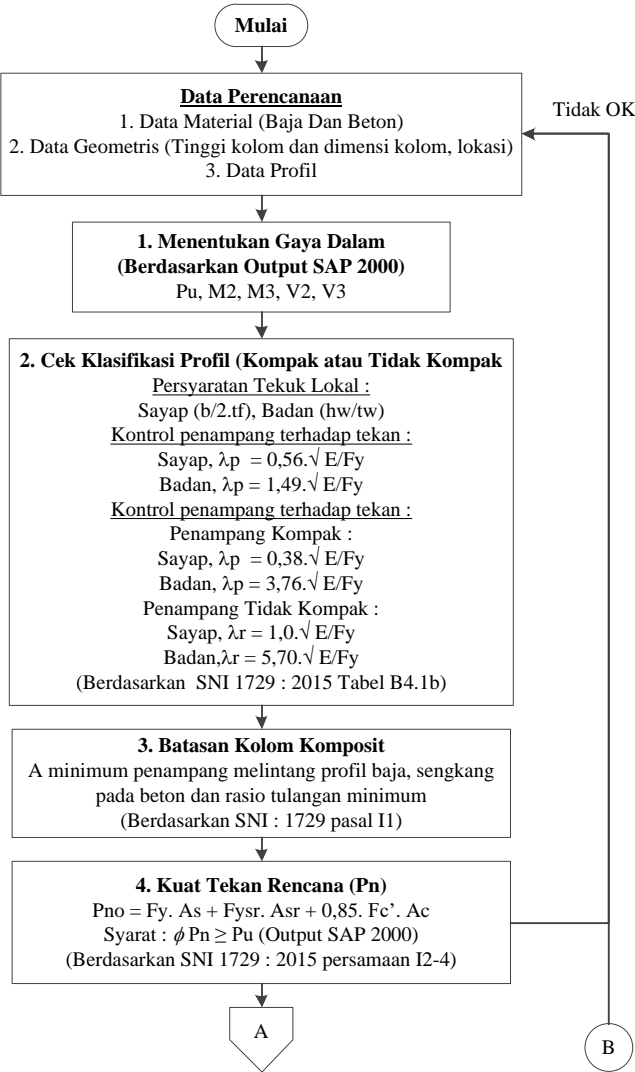
$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} \\
 &= 1,1 \times 1,5 \times 84,12 \text{ cm}^2 \times 1215,08 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 168650,696 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c P_n &= 0,85 \times 168650,7 \text{ kg} \\
 &= 143353,09 \text{ kg} > 85847,02
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_{\text{tekan}}}{\phi_c P_n} = \frac{85847,02 \text{ kg}}{143353,09 \text{ kg}} = 0,60 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

#### **7.4 Perencanaan Kolom Komposit**

Struktur kolom direncanakan sebagai struktur kolom komposit terbungkus beton yang analisa perhitungannya mengacu pada SNI 1729 : 2015 BAB I tentang “Desain Komponen Struktur Komposit”. Dimensi kolom direncanakan menggunakan 2 tipe. Tipe K1 850 mm x 850 mm menggunakan profil KC 700x300x13x24 dan tipe K2 750 mm x 750 mm menggunakan profil KC 588x300x12x20.



**Gambar 7.17 Diagram Alir Perencanaan Kolom Komposit**



### 7.4.1 Kolom Komposit K1 ( KC 700x300x13x24)

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil King Cross 700 x 300 x 13 x 24, dengan selubung beton 85 cm x 85 cm. Kolom Komposit Hotel Swiss Belinn direncanakan berdasarkan data geometris, data material dan data profil sebagai berikut :

#### 1. Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

Data kolom :

B = 85 cm

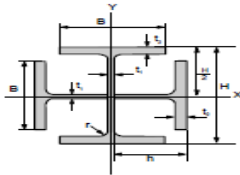
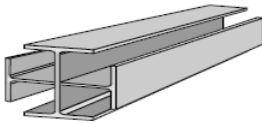
H = 85 cm

Tinggi kolom, L = 310 cm

##### b. Data Material

BAJA			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	410	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	250	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
BETON			
Mutu beton ( $f'_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25743	Mpa

## c. Data Profil



Sumber profil : PT. Gunung  
Garuda

KC 700x300x13x24											
W	=	369,7	kg/m	r	=	28	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	471,0	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	211800	cm <sup>4</sup>		=	618	mm
d	=	700	mm	I <sub>y</sub>	=	220791	cm <sup>4</sup>	Aw	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	21,21	cm		=	85	cm <sup>2</sup>
tw	=	13	mm	i <sub>y</sub>	=	21,65	cm	bf/2	=	6,3	mm
tf	=	24	mm	S <sub>x</sub>	=	6051,4	cm <sup>3</sup>				

## 2. Gaya Dalam

Gaya-gaya dalam maksimum pada kolom ini diperoleh dari perhitungan program bantu SAP 2000, terjadi pada elemen frame 1022 dengan kombinasi pembebanan  $(1,2 + 0,2S_{Ds})DL + 1,0Ex + 1,0LL$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= -1472566,36 \text{ kg} \\
 M_2 = M_y &= -52163,92 \text{ kg.m} \\
 M_3 = M_x &= -40251,45 \text{ kg.m} \\
 V_u (\text{max}) &= 22087,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

-Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda_p = 0,56 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 15,839</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda_r = 1,49 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 42,144</math> </li> </ul>
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot tf = 300 \text{ mm} / 2 \cdot 24 \text{ mm}$   
 $= 6,25 < 15,839$  (**Sayap kompak**)
- Badan :  
 $\{d - (2tf + 2r)\} / tw = hw / tw$   
 $= 618 \text{ mm} / 13 \text{ mm}$   
 $= 47,538 > 42,144$   
**(Badan tidak kompak)**

Kesimpulan : Profil KC 700x300x13x24 adalah **“Penampang Tidak Kompak”**.

-Persyaratan terhadap lentur,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat penampang kompak            Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 10,748</math>            Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 106,349</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat penampang tidak kompak            Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 28,284</math>            Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{250 \text{ Mpa}}}</math>  <math>= 161,220</math> </li> </ul>
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :  

$$\frac{b_f}{2.t_f} = \frac{300 \text{ mm}}{2.24 \text{ mm}}$$

$$= 6,25 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$
- Badan :  

$$\frac{\{d-(2t_f+2r)\}}{t_w} = \frac{h_w}{t_w}$$

$$= \frac{618 \text{ mm}}{13 \text{ mm}}$$

$$= 47,538 < 106,349$$

**( Badan kompak )**

Kesimpulan : Profil KC 700x300x13x24 adalah **“Penampang Kompak”**.

#### 4. Batasan Kolom Komposit (SNI 1729 : 2015 pasal I.1)

- a. Luas penampang melintang minimum profil baja :

$$A_s = 471 \text{ cm}^2$$

$$A_c = (B.H) - A_s$$

$$= (85 \text{ cm} \times 85 \text{ cm}) - 471 \text{ cm}^2$$

$$= 6754 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{Steel}}{A_c + A_{Steel}} \times 100\% = \frac{471 \text{ cm}^2}{6754 \text{ cm}^2 + 471 \text{ cm}^2} \times 100\%$$

$$= 6,52 > 1,0\% \text{ (OK)}$$

- b. Tulangan pengikat lateral (sengkang) pada beton :

Berdasarkan SNI 1729 - 2015 pasal I2-1a-2, digunakan tulangan sebagai berikut :

$$\text{Diameter sengkang, } \emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi sengkang} = 250 \text{ mm}$$

- c. Rasio tulangan minimum :

Berdasarkan SNI 1729 - 2015 pasal I2-1a-3 rasio tulangan minimum ( $\rho_{sr}$ ) sebesar 0,004 digunakan untuk tulangan longitudinal menerus, direncanakan tulangan longitudinal sebagai berikut :

$$\text{Diameter tulangan longitudinal, } \emptyset = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jari – jari lingkaran, } r = 1,25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mutu tulangan} &= 390 \text{ Mpa} \\
 A_{st} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (2,5\text{cm})^2 \\
 &= 4,91\text{cm}^2 \\
 \text{Jumlah tulangan yang digunakan, } n &= 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sr} &= n \cdot A_{st} \\
 &= 8 \times 4,91\text{cm}^2 \\
 &= 39,25 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= A_c + A_s \\
 &= 6784 \text{ cm}^2 + 471 \text{ cm}^2 \\
 &= 7225,0 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{sr} &= A_{sr} / A_g \\
 &= 39,25 \text{ cm}^2 / 7225,0 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,0054 > 0,004 \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

## 5. Kekuatan Tekan Kolom Komposit (Pno)

$$\begin{aligned}
 P_{no} &= F_y \cdot A_s + F_{ysr} \cdot A_{sr} + 0,85 \cdot F_c' \cdot A_c \\
 &= (2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 471 \text{ cm}^2) + (3900 \text{ kg/cm}^2 \cdot 39,25 \text{ cm}^2) + \\
 &\quad (0,85 \cdot 300 \text{ kg/cm}^2 \cdot 6754 \text{ cm}^2) \\
 &= 3052845 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C1 &= 0,1 + 2 \left( \frac{A_{Steel}}{A_c + A_{Steel}} \right) \leq 0,3 \\
 &= 0,1 + 2 \left( \frac{471\text{cm}^2}{6754\text{cm}^2 + 471\text{cm}^2} \right) \leq 0,3 \\
 &= 0,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{sr} &= 1/2 \cdot \pi \cdot r^4 \\
 &= 1/2 \cdot 3,14 (1,25 \text{ cm})^4 \\
 &= 3,833 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= 1/12. B. H^3 \\
 &= 1/12. 85 \text{ cm. } (85 \text{ cm})^3 \\
 &= 4350052,1 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E.I_{eff} &= E_s.I_s + 0,5.E_s.I_{sr} + C1.E_c.I_c \\
 &= (2000000 \text{ kg/cm}^2. 211800 \text{ cm}^4) + \\
 &\quad (0,5. 2000000 \text{ kg/cm}^2. 3,833 \text{ cm}^4) + \\
 &\quad (0,23. 257430 \text{ kg/cm}^2. 43)50052,1 \text{ cm}^4) \\
 &= 6,8159 \times 10^{11} \text{ kg.cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{no} &= \pi^2(E. I_{eff}) / (K.L)^2 \\
 &= 3,14^2(6,8159 \times 10^{11} \text{ kg.cm}^2) / (1. 310 \text{ cm})^2 \\
 &= 69929440 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{3052845 \text{ kg}}{69929440 \text{ kg}} = 0,044 < 2,25$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_{no} \cdot \left[ 0,658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \\
 &= 3052845 \text{ kg} \cdot \left[ 0,658^{0,044} \right] \\
 &= 2997569,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c P_n &= 0,75. P_n \\
 &= 0,75. (2997569,1 \text{ kg}) \\
 &= 2248176,86 \text{ kg} > (P_u = 1472566,36 \text{ kg}) \\
 &\quad \text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Rasio,

$$\frac{P_n}{\phi_c P_n} = \frac{1472566,36 \text{ kg}}{2248176,86 \text{ kg}} = 0,66 < 0,7 \text{ ( OK )}$$

## 6. Kekuatan Tarik

$$\begin{aligned} P_n &= F_y.A_s + F_{ysr}.A_{sr} \\ &= (2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 471 \text{ cm}^2) + (3900 \text{ kg/cm}^2 \cdot 39,25 \text{ cm}^2) \\ &= 1330575 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_t P_n &= 0,9 \cdot P_n \\ &= 0,9 \cdot (1330575 \text{ kg}) \\ &= 1197517,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 7. Momen Nominal Kolom

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal :

$$\begin{aligned} L_b &= L - d \\ &= 310 \text{ cm} - 50 \text{ cm} \\ &= 260 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \cdot 21,7 \text{ cm} \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}} \\ &= 1078 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_b < L_p$  (Bentang Pendek)

Karena bentang pendek maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$Z_x = (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f$$

$$\begin{aligned} h_w &= d - 2 \cdot t_f \\ &= 652,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_f = 676,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= 1381588 \text{ mm}^3 + 4867200 \text{ mm}^3 \\ &= 6248788,0 \text{ mm}^3 \\ &= 6248,79 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_n &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 6248,79 \text{ cm}^3 \\ &= 15621970 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi b M_n &= 0,9. M_n \\ &= 0,9 \times 15621970 \text{ kg.cm} \\ &= 14059773 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} M_u &\leq \phi b M_n \\ 5216392 \text{ kg.cm} &< 14059773 \text{ kg.cm} \text{ ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

## 8. Amplifikasi Moemen dan Analisa Orde Kedua (SNI 1729 : 2015 Lampiran 8)

Struktur bergoyang sehingga  $M_{ntx} = M_{nty} = 0$

Analisis elastis linier akibat  $M_u$  diujung atas  $\delta h = 20,4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \Delta h &= \delta h / L \\ &= 20,4 \text{ mm} / 3100 \text{ mm} \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 11794,08 \text{ kg} \\ P_{mf} &= 0 \text{ (Karena sistem rangka berbresing)} \\ P_{story} = P_u &= 1472566,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_M &= 1 - 0,15. (P_{mf} / P_{story}) \\ &= 1 - 0,15. (0 / 1472566,36 \text{ kg}) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{e \text{ story}} &= R_M. \frac{H.L}{\Delta h} \\ &= 1. \frac{11794,08 \text{ kg} \cdot (3100 \text{ mm})}{0,007 \text{ mm}} \\ &= 5555936706 \text{ kg} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 B2 &= \frac{1}{1 - \alpha \cdot P_{Story} / P_{eStory}} \\
 &= \frac{1}{1 - 1 \cdot (1472566,36 \text{ kg} / 5555936706 \text{ kg})} \\
 &= 1,000
 \end{aligned}$$

$$M_{ltx} = M3 = 40251,45 \text{ kg.m}$$

$$M_{lty} = M2 = 52163,92 \text{ kg.m}$$

$$M_{rx} = B2 \times M_{ltx} = 1 \times 40251,45 \text{ kg.m} = 40251,45 \text{ kg.m}$$

$$M_{ry} = B2 \times M_{lty} = 1 \times 52163,92 \text{ kg.m} = 52163,92 \text{ kg.m}$$

$$M_{cx} = M_{cy} = M_p = 15621970 \text{ kg.m}$$

$$P_r = P_u = 1472566,36 \text{ kg}$$

## 9. Kontrol Geser

$$V_u \text{ (Output SAP)} = 22087,89 \text{ kg}$$

$$h_w / t_w = 700 \text{ mm} / 13 \text{ mm}$$

$$= 53,846$$

$$1,10 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,10 \sqrt{(5 \times 200000 \text{ Mpa}) / (250 \text{ Mpa})}$$

$$= 69,57$$

$$1,37 \sqrt{k_v \cdot E / F_y} = 1,37 \sqrt{5 \times 200000 \text{ Mpa} / 250 \text{ Mpa}}$$

$$= 86,646$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai Cv	Keterangan
( i )	$h / t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	<b>Berlaku</b>
( ii )	$1,10 \sqrt{k_v E / F_y} < h / t_w \leq 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v E / F_y}}{h / t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h / t_w > 1,37 \sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51 k_v E}{(h / t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 84,76 \text{ cm}^2 \times 1$$

$$= 127140 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n = 0,9 \times 127140 \text{ kg}$$

$$= 114426 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n > V_u$$

$$114426 \text{ kg} > 22087,89 \text{ kg} \quad (\text{OK Memenuhi})$$

### 10. Interaksi Tekan dan Lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1472566,36 \text{ kg}}{2997569,15 \text{ kg}} = 0,49 > 0,2 \quad (\text{Dominan Momen Lentur})$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,49 + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{40262,12 \text{ kg.m}}{15621970 \text{ kg.m}} + \frac{52177,75 \text{ kg.m}}{15621970 \text{ kg.m}} \right) = 0,49 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

### 7.4.2 Kolom Komposit K2 ( KC 588x300x12x20)

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil King Cross 588 x 300 x 12 x 20 dengan selubung beton 75 cm x 75 cm. Kolom Komposit Hotel Swiss Belinn direncanakan berdasarkan data geometris, data material dan data profil sebagai berikut :

#### 1. Data Perencanaan

##### a. Data Geometris

Data kolom :

B = 75 cm

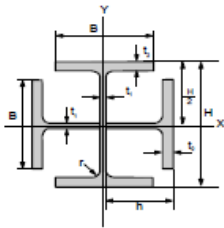
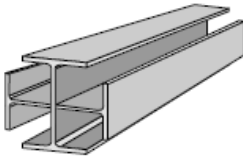
H = 75 cm

Tinggi kolom, L = 310 cm

##### b. Data Material

BAJA			
Mutu baja	=	BJ 41	
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=	410	Mpa
Tegangan putus minimum, $f_u$	=	250	Mpa
$f_r$	=	70	Mpa
Modulus elastisitas ( $E_s$ )	=	200000	Mpa
Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
Berat pelat bondex	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
BETON			
Mutu beton ( $f'_c$ )	=	30	Mpa
BJ beton bertulang	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
Modulus elastisitas, $E_c$	=	25743	Mpa

##### c. Data Profil



Sumber profil : PT. Gunung Garuda

KC 588x300x12x20											
W	=	302	kg/m	r	=	28	mm	h <sub>w</sub>	=	d-2.(t <sub>f</sub> +r)	
A	=	385,0	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	127020	cm <sup>4</sup>		=	508	mm
d	=	588	mm	I <sub>y</sub>	=	132585	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.t <sub>f</sub> ).t <sub>w</sub>	
b <sub>f</sub>	=	300	mm	i <sub>x</sub>	=	18,16	cm		=	66	cm <sup>2</sup>
t <sub>w</sub>	=	12	mm	i <sub>y</sub>	=	18,56	cm	b <sub>f</sub> /2	=	7,5	mm
t <sub>f</sub>	=	20	mm	S <sub>x</sub>	=	4320,4	cm <sup>3</sup>				

## 2. Gaya Dalam

Gaya-gaya dalam maksimum pada kolom ini diperoleh dari perhitungan program bantu SAP 2000, terjadi pada elemen frame 1022 dengan kombinasi pembebanan  $(1,2 + 0,2S_{Ds})DL + 1,0Ex + 1,0LL$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= -1228528,57 \text{ kg} \\
 M_2 = M_y &= -25676,32 \text{ kg.m} \\
 M_3 = M_x &= -7000,92 \text{ kg.m} \\
 V_u (\text{max}) &= 8743,90 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

-Kontrol terhadap tekan,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat sayap  <math>\lambda_p = 0,56 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,56 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 15,839</math> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat badan  <math>\lambda_r = 1,49 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,49 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 42,144</math> </li> </ul>
---	---

-Kontrol penampang,

- Sayap :  
 $bf / 2 \cdot t_f = 300 \text{ mm} / 2 \cdot 20 \text{ mm}$   
 $= 7,5 < 15,839$  (**Sayap kompak**)
- Badan :  
 $\{d - (2t_f + 2r)\} / t_w = h_w / t_w$   
 $= 508 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$   
 $= 42,333 > 42,144$   
**(Badan tidak kompak)**

Kesimpulan : Profil KC 700x300x12x20 adalah **“Penampang Tidak Kompak”**.

-Persyaratan terhadap lentur,

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat penampang kompak</li> </ul> <p>Sayap,  <math>\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 10,748</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 106,349</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Syarat penampang tidak kompak</li> </ul> <p>Sayap,  <math>\lambda_r = 1,00 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 1,00 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 28,284</math></p> <p>Badan,  <math>\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{E/F_y}</math>  <math>= 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000Mpa}{250Mpa}}</math>  <math>= 161,220</math></p>
--	--

-Kontrol penampang.

- Sayap :  

$$bf / 2.t_f = 300 \text{ mm} / 2.20 \text{ mm}$$

$$= 7,5 < 10,748 \text{ ( Sayap kompak )}$$
- Badan :  

$$\{d-(2t_f+2r)\}/t_w = h_w / t_w$$

$$= 508 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$$

$$= 42,333 < 106,349$$

**( Badan kompak )**

Kesimpulan : Profil KC 588x300x12x20 adalah **“Penampang Kompak”**.

**4. Batasan Kolom Komposit (SNI 1729 : 2015 pasal I.1)**

- a. Luas penampang melintang minimum profil baja :

$$A_s = 385 \text{ cm}^2$$

$$A_c = (B.H) - A_s$$

$$= (75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}) - 385 \text{ cm}^2$$

$$= 524 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{Steel}}{A_c + A_{Steel}} \times 100\% = \frac{385 \text{ cm}^2}{5240 \text{ cm}^2 + 385 \text{ cm}^2} \times 100\%$$

$$= 6,84 > 1,0\% \text{ (OK)}$$

- b. Tulangan pengikat lateral (sengkang) pada beton :

Berdasarkan SNI 1729 - 2015 pasal I2-1a-2, digunakan tulangan sebagai berikut :

$$\text{Diameter sengkang, } \varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi sengkang} = 250 \text{ mm}$$

- c. Rasio tulangan minimum :

Berdasarkan SNI 1729 - 2015 pasal I2-1a-3 rasio tulangan minimum ( $\rho_{sr}$ ) sebesar 0,004 digunakan untuk tulangan longitudinal menerus, direncanakan tulangan longitudinal sebagai berikut :

$$\text{Diameter tulangan longitudinal, } \varnothing = 2,2 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari – jari lingkaran, } r &= 11 \text{ cm} \\
 \text{Mutu tulangan} &= 390 \text{ Mpa} \\
 A_{st} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (22,2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3.80 \text{ cm}^2 \\
 \text{Jumlah tulangan yang digunakan, } n &= 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sr} &= n \cdot A_{st} \\
 &= 8 \times 3,80 \text{ cm}^2 \\
 &= 30,40 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= A_c + A_s \\
 &= 5240 \text{ cm}^2 + 385 \text{ cm}^2 \\
 &= 5625,0 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{sr} &= A_{sr} / A_g \\
 &= 30,40 \text{ cm}^2 / 5625,0 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,0054 > 0,004 \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

## 5. Kekuatan Tekan Kolom Komposit (Pno)

$$\begin{aligned}
 P_{no} &= F_y \cdot A_s + F_{ysr} \cdot A_{sr} + 0,85 \cdot F_c' \cdot A_c \\
 &= (2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 385 \text{ cm}^2) + (3900 \text{ kg/cm}^2 \cdot 30,4 \text{ cm}^2) + \\
 &\quad (0,85 \cdot 300 \text{ kg/cm}^2 \cdot 5240 \text{ cm}^2) \\
 &= 2417241,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 0,1 + 2 \left( \frac{A_{Steel}}{A_c + A_{Steel}} \right) \leq 0,3 \\
 &= 0,1 + 2 \left( \frac{385 \text{ cm}^2}{5240 \text{ cm}^2 + 385 \text{ cm}^2} \right) \leq 0,3 \\
 &= 0,24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{sr} &= 1/2 \cdot \pi \cdot r^4 \\
 &= 0,5 \cdot 3,14 \cdot (1,1 \text{ cm})^4
 \end{aligned}$$

$$= 2,299 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} I_c &= 1/12. B. H^3 \\ &= 1/12. 75 \text{ cm}. (75 \text{ cm})^3 \\ &= 2636718,8 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E.I_{eff} &= E_s.I_s + 0,5.E_s.I_{sr} + C1.E_c.I_c \\ &= (2000000 \text{ kg/cm}^2. 127020 \text{ cm}^4) + \\ &\quad (0,5. 2000000 \text{ kg/cm}^2. 2,299 \text{ cm}^4) + \\ &\quad (0,24. 257430 \text{ kg/cm}^2. 43)2636719 \text{ cm}^4 \\ &= 2,70122 \times 10^{11} \text{ kg.cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{no} &= \pi^2(E. I_{eff}) / (K.L)^2 \\ &= 3,14^2(2,701 \times 10^{11} \text{ kg.cm}^2) / (1. 310 \text{ cm})^2 \\ &= 27713745 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{2417241,3 \text{ kg}}{27713745 \text{ kg}} = 0,087 < 2,25$$

Maka,

$$\begin{aligned} P_n &= P_{no} \cdot \left[ 0,658^{\frac{P_{no}}{P_e}} \right] \\ &= 2417241,3 \text{ kg} \cdot [0,658^{0,087}] \\ &= 2330587,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &= 0,75. P_n \\ &= 0,75. (2330587,15 \text{ kg}) \\ &= 1747940,36 \text{ kg} > (P_u = 1228528,57 \text{ kg}) \\ &\quad (\text{OK Memenuhi}) \end{aligned}$$

Rasio,

$$\frac{P_n}{\phi_c P_n} = \frac{1228528,57 \text{ kg}}{1747940,36 \text{ kg}} = 0,70 < 1 \quad (\text{OK})$$



## 6. Kekuatan Tarik

$$\begin{aligned} P_n &= F_y.A_s + F_{ysr}.A_{sr} \\ &= (2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 385 \text{ cm}^2) + (3900 \text{ kg/cm}^2 \cdot 30,40 \text{ cm}^2) \\ &= 1081041 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_t P_n &= 0,9 \cdot P_n \\ &= 0,9 \cdot (1081041,3 \text{ kg}) \\ &= 972937,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 7. Momen Nominal Kolom

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal :

$$\begin{aligned} L_b &= L - d \\ &= 310 \text{ cm} - 50 \text{ cm} \\ &= 260 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \cdot 18,6 \text{ cm} \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}} \\ &= 924 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_b < L_p$  (Bentang Pendek)

Karena bentang pendek maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ M_p &= F_y \cdot Z_x \\ Z_x &= (t_w \cdot h_w^2) / 4 + h_f \cdot t_f \cdot b_f \\ h_w &= d - 2 \cdot t_f \\ &= 548,0 \text{ mm} \\ h_f &= 568,0 \text{ mm} \\ Z_x &= 900912 \text{ mm}^3 + 3408000 \text{ mm}^3 \\ &= 4308912,00 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$= 4308,912 \text{ cm}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_n &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 4308,912 \text{ cm}^3 \\ &= 10772280 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi b M_n &= 0,9. M_n \\ &= 0,9 \times 10772280 \text{ kg.cm} \\ &= 9695052 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} M_u &\leq \phi b M_n \\ 2567632 \text{ kg.cm} &< 9695052 \text{ kg.cm} \text{ ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

## 8. Amplifikasi Moemen dan Analisa Orde Kedua (SNI 1729 : 2015 Lampiran 8)

Struktur bergoyang sehingga  $M_{ntx} = M_{nty} = 0$

Analisis elastis linier akibat  $M_u$  diujung atas  $\delta h = 20,4 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \Delta h &= \delta h / L \\ &= 20,4 \text{ mm} / 3100 \text{ mm} \\ &= 0,007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= 11794,08 \text{ kg} \\ P_{mf} &= 0 \text{ (Karena sistem rangka berbresing)} \\ P_{story} = P_u &= 1228528,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_M &= 1 - 0,15. (P_{mf} / P_{story}) \\ &= 1 - 0,15. (0 / 1228528,6 \text{ kg}) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_M. \frac{H.L}{\Delta h}$$

$$= 1. \frac{11794,08kg.(3100mm)}{0,007mm}$$

$$= 5555936706 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{1 - \alpha.P_{Story} / P_{eStory}}$$

$$= \frac{1}{1 - 1.(1128528,57kg / 5555936706kg)}$$

$$= 1,0002212$$

$$M_{lx} = M3 = -7000,92 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = M2 = 25676,32 \text{ kg.m}$$

$$M_{rx} = B2 \times M_{lx} = 1 \times -7000,92 \text{ kg.m} = -7002,47 \text{ kg.m}$$

$$M_{ry} = B2 \times M_{ly} = 1 \times 25676,32 \text{ kg.m} = 25682,00 \text{ kg.m}$$

$$M_{cx} = M_{cy} = M_p = 10772280,00$$

$$\text{kg.m}$$

$$P_r = P_u = 1228528,57 \text{ kg}$$

## 9. Kontrol Geser

$$V_u (\text{Output SAP}) = 8743,900 \text{ kg}$$

$$h_w / t_w = 588 \text{ mm} / 12 \text{ mm}$$

$$= 49,000$$

$$1,10\sqrt{k_v.E / F_y} = 1,11\sqrt{(5 \times 20000000 \text{ Mpa}) / (2500 \text{ Mpa})}$$

$$= 69,570$$

$$1,37\sqrt{k_v.E / F_y} = 1,37\sqrt{(5 \times 20000000 \text{ Mpa}) / 2500 \text{ Mpa}}$$

$$= 86,646$$

Digunakan menurut persamaan sebagai berikut :

Persamaan		Nilai $C_v$	Keterangan
(i)	$h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = 1,0$	Berlaku
(ii)	$1,10\sqrt{k_v E / F_y} < h/t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,10\sqrt{k_v E / F_y}}{h/t_w}$	Tidak Berlaku
(iii)	$h/t_w > 1,37\sqrt{k_v E / F_y}$	$C_v = \frac{1,51k_v E}{(h/t_w)^2 F_y}$	Tidak Berlaku

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0,6 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 65,76 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 98640 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_v V_n &= 0,9 \times 98640 \text{ kg} \\ &= 88776 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_v V_n &> V_u \\ 88776,00 \text{ kg} &> 8743,900 \text{ kg} \quad (\text{OK Memenuhi}) \end{aligned}$$

### 10. Interaksi Tekan dan Lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1228528,57 \text{ kg}}{2330587,15 \text{ kg}} = 0,53 > 0,2 \quad (\text{Dominan Momen Lentur})$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,53 + \frac{8}{9} \cdot \left( \frac{-7002,47 \text{ kg.m}}{10772280 \text{ kg.m}} + \frac{25682 \text{ kg.m}}{10772280 \text{ kg.m}} \right) = 0,53 < 1,0 \quad (\text{OK})$$

## BAB VIII

### DESAIN SAMBUNGAN

#### 8.1 Sambungan Balok - Balok

##### 8.1.1 Sambungan Tipe 1 (WF 350x175x7x11 – HY 450x300x12x25)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : WF 350 x 175 x 7 x 11

Balok Induk : H 450 x 300x 12 x 25

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$V_u = 14716,8 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, tp} &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= 0,75.r_1.F_u \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 9540,124 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= 0,75.2,4.db.tp.F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 8265,60 \text{ kg (Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 8265,60 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.R_n} = \frac{14716,80 \text{ kg}}{8265,6 \text{ kg}} = 1,78 \text{ buah} \sim 2 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm})$$

$$= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}$$

#### b. Sambungan pada Badan Balok Induk

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 100 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 11864,68 \text{ kg}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 11864,68 k.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{14716,80\text{kg}}{4770,06\text{kg}} = 3,09 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3.d_b \text{ s/d } 24 \text{ } t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\ &= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned} F_u \text{ profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 370 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang geser,} \\ A_{nv} &= L_{nv} \cdot t \text{ siku} \\ &= (23 \text{ cm} - (1,8 \text{ cm} \times 4 \text{ baut})) \times 0,8 \text{ cm} \\ &= 12,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Kuat rencana,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi \cdot 0,6 \cdot Fu \text{ profil. Anv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 12,6 \text{ cm}^2 \\ &= 21045,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :

$$\begin{aligned}2\phi.Rn &= 2 \times 21045,60 \text{ kg} \\ &= 42091,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

Persyaratan,

$$\begin{aligned}Vu &\leq 2\phi.Rn \\ 14716,8\text{kg} &< 42091,20 \text{ kg}(\text{OK Memenuhi})\end{aligned}$$

### 8.1.2 Sambungan Tipe 2 (WF 350 x 175 x 7 x 11 - H 450 x 300x 12 x 22)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : WF 350 x 175 x 7 x 11

Balok Induk : H 450 x 300x 12 x 22

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$Vu = 13404,67\text{kg}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}Fu \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, } t_p &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 9540,124 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4132,80 \text{ kg (Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 4132,80kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.R_n} = \frac{14716,80 \text{ kg}}{4132,8 \text{ kg}} = 3,56 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$= 70 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm})$$

$$= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}$$

**b. Sambungan pada Badan Balok Induk**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 11864,68 \text{ kg}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 11864,68 k.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{14716,80 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 3,09 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\ &= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned} F_u \text{ profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 370 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang geser,} \\ A_{nv} &= L_{nv} \cdot t \text{ siku} \\ &= (23 \text{ cm} - (1,8 \text{ cm} \times 4 \text{ baut})) \times 0,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,64 \text{ cm}^2 \\
 \text{Kuat rencana,} \\
 \phi.Rn &= \phi. 0,6. Fu \text{ profil. Anv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 12,6 \text{ cm}^2 \\
 &= 21045,60 \text{ kg} \\
 \text{Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :} \\
 2\phi.Rn &= 2 \times 21045,60 \text{ kg} \\
 &= 42091,20 \text{ kg} \\
 \text{Persyaratan,} \\
 Vu &\leq 2\phi.Rn \\
 13404,67\text{kg} &< 42091,20 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

### 8.1.3 Sambungan Tipe 3 (WF 350 x 175 x 7 x 11 - H 650 x 300x 16 x 32)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : WF 350 x 175 x 7 x 11

Balok Induk : H 650 x 300x 16 x 32

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$Vu = 29921,1\text{kg}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 Fu \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 632,97 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, } t_p &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 9540,124 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$= 8265,60 \text{ kg (Menentukan)}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 8265,60kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{29921,10 \text{ kg}}{8265,6 \text{ kg}} = 3,62 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 45 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 70 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm}) \\
 &= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

#### b. Sambungan pada Badan Balok Induk

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 632,97 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\
 &= 2,01 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi Vn &= 0,75 \cdot r1 \cdot Fu \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\phi Rn = 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot db \cdot tp \cdot Fu \text{ profil}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 11864,68 \text{ kg}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 11864,68 k.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Vn} = \frac{29921,10 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 6,27 \text{ buah} \sim 7 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\ &= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned} F_u \text{ profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 370 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang geser,} \\ A_{nv} &= L_{nv} \cdot t \text{ siku} \end{aligned}$$



$$= (23 \text{ cm} - (12,6)) \times 0,8 \text{ cm}$$

$$= 8,32 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana,

$$\phi.Rn = \phi \cdot 0,6 \cdot Fu \cdot profil. Anv$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 8,32 \text{ cm}^2$$

$$= 13852,80 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :

$$2 \phi.Rn = 2 \times 13852,80 \text{ kg}$$

$$= 27705,60 \text{ kg}$$

Persyaratan,

$$Vu \leq 2 \phi.Rn$$

$$29921,1 \text{ kg} < 2 \times 27705,6 \text{ kg} (\text{OK Memenuhi})$$

#### 8.1.4 Sambungan Balok Tipe 4 (WF 350 x 175 x 7 x 11 - H 500 x 300 x 16 x 32)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : WF 350 x 175 x 7 x 11

Balok Induk : H 500 x 300 x 16 x 32

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$Vu = 17357,73 \text{ kg}$$

##### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

###### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 632,97 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, tp} &= 8 \text{ mm} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\
 &= 2,01 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,75 \cdot r1 \cdot Fu \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 9540,124 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 0,7 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 8265,60 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 8265,60kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{17357,73 \text{ kg}}{8265,6 \text{ kg}} = 2,10 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 84 mm atau 150 mm} \\ &= 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d 168 mm atau 305 mm} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm}) \\ &= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}\end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Badan Balok Induk**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}\text{Fu baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, A} &= 1/4. \pi. \varnothing^2 \\ &= 1/4. 3,14. (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\phi.Vn = 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut. } m$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 11864,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 11864,68 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{17357,73 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 3,64 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\
 &= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

c. **Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned}
 Fu \text{ profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 370 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang geser,} \\ A_{nv} &= L_{nv} \cdot t \text{ siku} \\ &= (23 \text{ cm} - (7,2)) \times 0,8 \text{ cm} \\ &= 12,64 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat rencana,} \\ \phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil. } A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 12,64 \text{ cm}^2 \\ &= 21045,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :

$$\begin{aligned}2 \phi R_n &= 2 \times 21045,60 \text{ kg} \\ &= 42091,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Persyaratan,} \\ V_u &\leq 2 \phi R_n \\ 17357,73 \text{ kg} &< 42091,2 \text{ kg (OK Memenuhi)}\end{aligned}$$

### 8.1.5 Sambungan Balok Tipe 5 (HY 450 x 300 x 12 x 22 - HY 450 x 300x 12 x 22)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : WF 450 x 300 x 12 x 22

Balok Induk : H 450 x 300x 12 x 22

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$V_u = 3232,81 \text{ kg}$$

### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 9540,124 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14169,60 \text{ kg (Menentukan )} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 14169,60kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Rn} = \frac{3232,81kg}{14169,6kg} = 0,23 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot tp \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm}) \\ &= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Badan Balok Induk**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } tp &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \phi &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \end{aligned}$$

$$= 2,01 \text{ cm}^2$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= 0,75.r_1.F_u \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 4770,062 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= 0,75.2,4.db.tp.F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11864,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 11864,68 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.V_n} = \frac{3232,81 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 0,68 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm})$$



$$= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned} \text{Fu profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 370 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang geser,} \\ \text{Anv} &= \text{Lnv. t siku} \\ &= (23 \text{ cm} - (5,4)) \times 0,8 \text{ cm} \\ &= 14,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat rencana,} \\ \phi.Rn &= \phi. 0,6. \text{Fu profil. Anv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 14,08 \text{ cm}^2 \\ &= 23443,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :

$$\begin{aligned} 2 \phi.Rn &= 2 \times 23443,20 \text{ kg} \\ &= 46886,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

Persyaratan,

$$\begin{aligned} Vu &\leq 2 \phi.Rn \\ 3232,81 \text{ kg} &< 46886,40 \text{ kg (OK Memenuhi)} \end{aligned}$$

**8.1.6 Sambungan Balok Tipe 6 (HY 450x300x12 x 25 - : H 450x300x12 x22)**

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : HY 450 x 300 x 12 x 25

Balok Induk : HY 450 x 300x 12 x 22

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$V_u = 2676,87 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok Anak

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baut,} \\ \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 9540,124 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14169,60 \text{ kg (Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 14169,60kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{2676,87 \text{ kg}}{14169,6 \text{ kg}} = 0,19 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm}) \\ &= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}\end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Badan Balok Induk**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}\text{Fu baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tebal pelat,  $t_p$  = 8 mm

Diameter baut,  $\varnothing$  = 16 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11864,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 11864,68 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{2676,87 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 0,56 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

Jarak tepi (S1) = 22 mm s/d 12. $t_p$  atau 150 mm

$$\begin{aligned}
 &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\
 &= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$\begin{aligned}
 \text{Fu profil} &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 370 \text{ Mpa} \\
 \varnothing \text{ lubang baut} &= 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} \\
 &= 18 \text{ mm} \\
 \text{Luas bidang geser,} \\
 \text{Anv} &= L_{nv} \cdot t \text{ siku} \\
 &= (23 \text{ cm} - (5,4)) \times 0,8 \text{ cm} \\
 &= 14,08 \text{ cm}^2 \\
 \text{Kuat rencana,} \\
 \phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil} \cdot A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 14,08 \text{ cm}^2 \\
 &= 23443,20 \text{ kg} \\
 \text{Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :} \\
 2 \phi R_n &= 2 \times 23443,20 \text{ kg} \\
 &= 46886,40 \text{ kg} \\
 \text{Persyaratan,} \\
 V_u &\leq 2 \phi R_n \\
 2676,87 \text{ kg} &< 46886,40 \text{ kg (OK Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

**8.1.7 Sambungan Balok HY Tipe 7 (450 x 300 x 12 x 25 - HY 450 x 300 x 12 x 25)**

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Anak : HY 450 x 300 x 12 x 25

Balok Induk : HY 450 x 300x 12 x 25

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan menggunakan sambungan sederhana atau tidak memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi. Berdasarkan output SAP dengan kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL didapatkan gaya geser sebagai berikut :

$$V_u = 3564,45 \text{ kg}$$

**a. Sambungan pada Badan Balok Anak**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi  
(1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 2 \end{aligned}$$

$$= 9540,124 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14169,60 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 14169,60kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{3564,45 \text{ kg}}{14169,6 \text{ kg}} = 0,25 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 45 \text{ mm}) \\ &= 230 \text{ mm} = 27 \text{ cm ( Digunakan )}\end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Badan Balok Induk**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}Fu \text{ baut} &= 90 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 632,97 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 8 \text{ mm}$$

Diameter baut,  $\varnothing$  = 16 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan disambung menggunakan pelat siku L 80 x 80 x 8

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6329,70 \text{ kg/cm}^2 \times 2,01 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 4770,062 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d \cdot t \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0096 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11864,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 11864,68 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{3564,45 \text{ kg}}{4770,06 \text{ kg}} = 0,75 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3 \cdot d \text{ s/d } 24 \cdot t \text{ atau } 305 \text{ mm}$$



$$= 48 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm})$$

$$= 260 \text{ mm} = 26 \text{ cm ( Digunakan )}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung (L 80 x 80 x 8)**

Direncanakan menggunakan profil siku L 80 x 80 x 8, dengan mutu baja BJ 37.

$$F_u \text{ profil} = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 370 \text{ Mpa}$$

$$\varnothing \text{ lubang baut} = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bidang geser,}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t \text{ siku}$$

$$= (23 \text{ cm} - (5,4)) \times 0,8 \text{ cm}$$

$$= 14,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat rencana,}$$

$$\phi R_n = \phi \cdot 0,6 \cdot F_u \text{ profil} \cdot A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \text{ kg/cm}^2 \times 14,08 \text{ cm}^2$$

$$= 23443,20 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku penyambung, sehingga :

$$2 \phi R_n = 2 \times 23443,20 \text{ kg}$$

$$= 46886,40 \text{ kg}$$

Persyaratan,

$$V_u \leq 2 \phi R_n$$

$$3564,45 \text{ kg} < 46886,40 \text{ kg (OK Memenuhi)}$$

## **8.2 Sambungan Balok - Kolom**

### **8.2.1 Sambungan Balok Kolom H 450 x 300 x 12 x 25 - KC 588 x 300 x 12 x 20**

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 450 x 300 x 12 x 25

Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser Pu dan momen Mu. Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban Pu diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen Mu diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur Mu yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} h_w &= h - 2 \cdot t_f \\ &= 450 \text{ mm} - (2 \cdot 25 \text{ mm}) \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= h - t_f \\ &= 450 \text{ mm} - 25 \text{ mm} \\ &= 425 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\ &= (12 \text{ mm} \cdot (400 \text{ mm}^2)/4 + (425 \text{ mm} \cdot 25 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 3667500 \text{ mm}^3 \\ &= 3667,500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

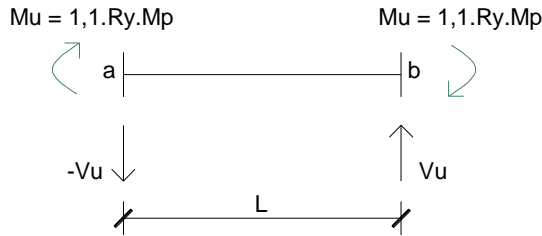
$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 3667,500 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9168750 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$M_u = 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (9168750 \text{ kg.cm}) \\
 &= 15128437,5 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 8899,05 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\
 V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\
 &= \\
 &= \frac{15128437,5 \text{ kg.cm} + 15128437,5 \text{ kg.cm}}{800 \text{ cm}} \\
 &= 37821,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, besarnya } V_u \text{ yaitu } &= 8899,05 \text{ kg} + 37821,09 \text{ kg} \\
 &= 46720,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 12 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17712,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{46720,14}{17712,00 \text{ kg}} = 2,64 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\ &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Sayap Kolom**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79472,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \phi = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut. } A \text{ baut. } m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22140,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{46720,14 \text{ kg}}{9357,93 \text{ kg}} = 4,99 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm (Digunakan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 72 \text{ mm s/d } 360 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\ &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}\end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$Ag. 0,9. Fy \geq Vu$$

$$(\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}). 0,9. Fy \geq Vu$$

$$\begin{aligned}
 (34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}). 0,9. 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 46720,14 \text{ kg} \\
 67500,00 \text{ kg} &> 46720,14 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned}
 Ag &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\
 &= 20 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 30,00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma d'. tw &= (3 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 9,900 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 An. 0,75. Fu \text{ profil} &\geq Vu \\
 (Ag - \Sigma d'. tw). 0,75 fu &\geq Vu \\
 (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 &\geq 46720,14 \text{ kg} \\
 65928,00 \text{ kg} &> 46720,14 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

**d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\text{Baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ baut, } Ab &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\
 &= 5,723 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 Fu \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kekuatan tarik baut rencana:**

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned}
 T &= \varphi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \cdot F_u \text{ baut} \cdot 0,75 \cdot n \\
 &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg} \\
 &= 334615,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

#### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm (**Digunakan**)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ mm (**Digunakan**)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### ○ Kontrol tebal flens profil – T :

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan r = 18 mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$a = 64 \text{ mm (Direncanakan)}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - 16 \text{ mm}}{2} - 64 \text{ mm} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned}
 a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\
 &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 53 + 0,5 \times 27 \\
 &= 77,5 \text{ mm} < 79,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\
 &= 53 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\
 &= 39,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= 1 - (29/300) \\
 &= 0,903
 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86 \text{ kg} \cdot (39,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}}}$$

$$t_{\min} = 26,75 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.F_y.t f^2} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67 \text{ kg}).(39,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 250 \text{ Mpa} (32 \text{ mm}^2)} - 1 \right) \\
 &= -0,99
 \end{aligned}$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$\begin{aligned}
 T &= Bn \cdot T \cdot \left( \frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right) \\
 &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg} \\
 &= 334615,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_w &= \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w \\
 &= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300 \\
 &= 1080000 \text{ N} \\
 &= 1080 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned}
 N &= 2T \cdot 2 \\
 &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\
 &= 1338,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan} &: 27 \text{ mm} \\
 A_{\text{baut}}, A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\
 &= 5,723 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\
 &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 31881,60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\
 &= \frac{2.(34109,67\text{kg})}{17054,83\text{kg}} \\
 &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 Ag &= w. tw \\
 &= 300 \text{ cm} .(1,6\text{cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 An &= Ag - \Sigma d'.tw \\
 &= 480 - 2.2,9.1,6 \\
 &= 470,72 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,9. Ag. Fy &> 2T \\
 &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 > 2.(34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} > 68219,33868 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75. An. Fu &> 2T \\
 &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 > 2.(14795,4 \text{ kg})
 \end{aligned}$$

$$= 1447464,00 \text{ kg} > 68219,33868 \text{ kg}$$

( OK Memenuhi )

o **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 192 mm atau 150 mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 81 \text{ mm s/d 384 mm atau 305 mm} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\ &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

### 8.2.2 Sambungan Balok Kolom H 450 x 300 x 12 x 22 - KC 588 x 300 x 12 x 20

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 450 x 300 x 12 x 22

Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- o Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- o Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

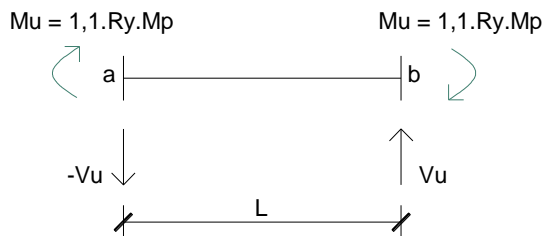
Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} hw &= h - 2.tf \\ &= 450 \text{ mm} - (2 \cdot 22 \text{ mm}) \\ &= 406 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hf &= h - tf \\
 &= 450 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\
 &= 428 \text{ mm} \\
 Z_x &= (tw \cdot hw^2)/4 + (hf \cdot tf \cdot bf) \\
 &= (14 \text{ mm} \cdot (406 \text{ mm}^2)/4 + (428 \text{ mm} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\
 &= 3319308 \text{ mm}^3 \\
 &= 3319,308 \text{ cm}^3 \\
 M_p &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 3319,308 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 8298270 \text{ kg.cm} \\
 M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (8298270 \text{ kg.cm}) \\
 &= 13692145,5 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 14581,37 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned}
 \Sigma MA &= 0 \\
 VB.L - MB - MA &= 0 \\
 VB &= \frac{MA + MB}{L} \\
 &= \\
 \frac{13692145,5 \text{ kg.cm} + 13692145,5 \text{ kg.cm}}{1200 \text{ cm}} \\
 &= 22820,24 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, besarnya Vu yaitu = 33482,1 kg + 22820,24 kg  
= 37491,61 kg

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, tp} &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga r1 = 0,5.

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2.4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17712,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{37401,61}{17712,00 \text{ kg}} = 2,11 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\ &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm (Digunakan)}\end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Sayap Kolom**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$Fu \text{ baut} = 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 7947,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 79472,9 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 15 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d \cdot b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22140,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{37401,61 \text{ kg}}{9357,93 \text{ kg}} = 4,00 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)



○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d 180 mm atau 150 mm} \\
 &= 50 \text{ mm (Digunakan)} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\
 &= 72 \text{ mm s/d 360 mm atau 305 mm} \\
 &= 100 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 100 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned}
 \text{Ag, 0,9. Fy} &\geq V_u \\
 (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}). 0,9. F_y &\geq V_u \\
 (34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}). 0,9. 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 37401,61 \text{ kg} \\
 67500,00 \text{ kg} &> 37401,61 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned}
 \text{Ag} &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\
 &= 20 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 30,00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma d'. \text{ tw} &= (3 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 9,900 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{An, 0,75. Fu profil} &\geq V_u \\
 (\text{Ag} - \Sigma d'. \text{ tw}). 0,75 \text{ fu} &\geq V_u \\
 (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 &\geq 37401,61 \text{ kg} \\
 65928,00 \text{ kg} &> 37401,61 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

**d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Baut, } \varnothing &= 27 \text{ mm} \\
 \text{A baut, Ab} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d
 \end{aligned}$$

$$= 0,25.3,14.2,7^2$$

$$= 5,723 \text{ cm}^2$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kekuatan tarik baut rencana:**

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned} T &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\ &= 0,75 \cdot F_u \text{ baut} \cdot 0,75 \cdot n \\ &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\ &= 34109,67 \text{ kg} \\ &= 334615,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm (**Digunakan**)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 81 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 200 \text{ mm (**Digunakan**)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan  $r = 18$  mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$a = 64 \text{ mm (Direncanakan)}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\ &= \frac{250\text{mm} - 16\text{mm}}{2} - 64\text{mm} \\ &= 53 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned} a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\ &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 53 + 0,5 \times 27 \\ &= 77,5 \text{ mm} < 79,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\ &= 53 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\ &= 39,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$p = 300\text{mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned} \delta &= 1 - (29/300) \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86kg.(39,5mm)}{200mm.410Mpa}}$$

$$t_{\min} = 26,75 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.tf^2} - 1 \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67kg).(39,5mm)}{200mm.250Mpa(32mm^2)} - 1 \right)$$

$$= -0,99$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$T = Bn T \cdot \left( \frac{\alpha.\delta}{1 + \alpha.\delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right)$$

$$= \phi \cdot Ab \cdot Fnt$$

$$= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29$$

$$= 34109,67 \text{ kg}$$

$$= 334615,86 \text{ N}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$Tw = \phi \cdot Fy \cdot tw \cdot w$$

$$= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300$$

$$= 1080000 \text{ N}$$

$$= 1080 \text{ kN}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned}
 N &= 2T.2 \\
 &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\
 &= 1338,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan : 27mm

$$\begin{aligned}
 A \text{ baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\
 &= 5,723 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\
 &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 31881,60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\
 &= \frac{2.(34109,67kg)}{17054,83kg} \\
 &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\
 &\text{(Dipasang 2 baris)}
 \end{aligned}$$

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 Ag &= w. tw \\
 &= 300 \text{ cm} . (1,6\text{cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 An &= Ag - \Sigma d'.tw \\
 &= 480 - 2.2,9.1,6 \\
 &= 470,72 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,9. Ag. Fy && \geq 2T \\
 &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75. An. Fu && \geq 2T \\
 &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(14795,4 \text{ kg}) \\
 &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\ &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )}\end{aligned}$$

### 8.2.3 Sambungan Balok Kolom H 650 x 300 x 16 x 32 - KC 588 x 300 x 12 x 20

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 650 x 300 x 16 x 32

Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned}h_w &= h - 2.t_f \\ &= 650 \text{ mm} - (2 \cdot 32 \text{ mm}) \\ &= 586 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_f &= h - t_f \\ &= 650 \text{ mm} - 32 \text{ mm} \\ &= 618 \text{ mm}\end{aligned}$$

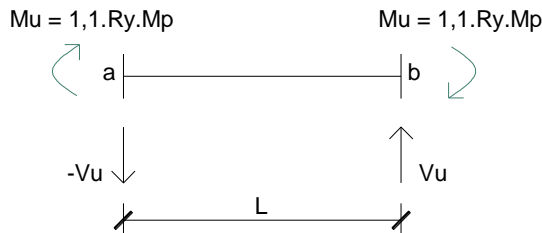
$$\begin{aligned}Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\ &= (14 \text{ mm} \cdot (586 \text{ mm}^2)/4 + (618 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 7306384 \text{ mm}^3 \\ &= 7306,384 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 7306,384 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 18265960 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (18265960 \text{ kg.cm}) \\
 &= 30138834 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 24623,04 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\
 V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\
 &= \frac{30138834 \text{ kg.cm} + 30138834 \text{ kg.cm}}{1200 \text{ cm}} \\
 &= 50231,39 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Jadi, besarnya } Vu \text{ yaitu} &= 24623,04 \text{ kg} + 50231,39 \text{ kg} \\ &= 74854,43 \text{ kg}\end{aligned}$$

**a. Sambungan pada Badan Balok**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}\text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \\ \text{Tebal pelat, tp} &= 16 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d \cdot b \cdot t \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 23616,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{64812,76}{23616,00kg} = 2,74 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot tp \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 100 \text{ mm}) + (2 \times 70 \text{ mm}) \\ &= 340 \text{ mm} = 34 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Sayap Kolom**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79472,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \emptyset = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 22140,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} = \frac{64812,76 \text{ kg}}{9357,93 \text{ kg}} = 6,93 \text{ buah} \sim 8 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm (Digunakan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 72 \text{ mm s/d } 360 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (2 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm})$$

$$= 340 \text{ mm} = 34 \text{ cm}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned} \text{Ag. } 0,9. F_y & \geq V_u \\ (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}). 0,9. F_y & \geq V_u \\ (34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}). 0,9. 2500 \text{ kg/cm}^2 & \geq 64812,76 \text{ kg} \\ 114750,00 \text{ kg} & > 64812,76 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned} \text{Ag} &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\ &= 34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \\ &= 51,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma d'. \text{ tw} &= (3 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\ &= 9,900 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{An. } 0,75. F_u \text{ profil} & \geq V_u \\ (\text{Ag} - \Sigma d'. \text{ tw}). 0,75 f_u & \geq V_u \\ (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 & \geq 64812,76 \text{ kg} \\ 134808,00 \text{ kg} & > 64812,76 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

**d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\text{Baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{A baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 79742,9 \text{ Mpa}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

○ **Kekuatan tarik baut rencana:**

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned} T &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\ &= 0,75 \cdot F_u \text{ baut} \cdot 0,75 \cdot n \\ &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\ &= 34109,67 \text{ kg} \\ &= 334615,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi}(S1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm (**Digunakan**)} \\ \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 81 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 200 \text{ mm (**Digunakan**)} \\ \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan  $r = 18$  mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$\begin{aligned} a &= 64 \text{ mm (Direncanakan)} \\ b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\ &= \frac{300 \text{ mm} - 16 \text{ mm}}{2} - 75 \text{ mm} \\ &= 67 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned} a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\ &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 67 + 0,5 \times 27 \\ &= 88,5 \text{ mm} < 97,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\ &= 67 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\ &= 53,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned} \delta &= 1 - (29/300) \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86 \text{ kg} \cdot (53,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}}}$$

$$t_{\min} = 31,13 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.t f^2} - 1 \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67\text{kg}).(53,5\text{mm})}{200\text{mm}.250\text{Mpa}(32\text{mm}^2)} - 1 \right)$$

$$= -0,949$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$T = B_n T \cdot \left( \frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right)$$

$$= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt}$$

$$= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29$$

$$= 34109,67 \text{ kg}$$

$$= 334615,86 \text{ N}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$T_w = \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w$$

$$= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300$$

$$= 1080000 \text{ N}$$

$$= 1080 \text{ kN}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$N = 2T_2$$

$$= 2 \times 334,6159 \text{ kN}$$

$$= 1338,46 \text{ kN}$$

#### e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T

##### ○ Data perencanaan baut :

$$\text{Direncanakan} : 27\text{mm}$$

$$A_{\text{baut}}, A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d$$

$$= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2$$

$$= 5,723 \text{ cm}^2$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$F_u \text{ baut} = 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 7974,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 79742,9 \text{ Mpa}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\ &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 31881,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\ &= \frac{2.(34109,67 \text{ kg})}{17054,83 \text{ kg}} \\ &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\ &(\text{Dipasang 2 baris})\end{aligned}$$

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}Ag &= w. tw \\ &= 300 \text{ cm} . (1,6 \text{ cm}) \\ &= 480 \text{ cm}^2 \\ An &= Ag - \Sigma d'.tw \\ &= 480 - 2.2,9.1,6 \\ &= 470,72 \text{ cm}^2\end{aligned}$$



Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot A_g \cdot F_y && \geq 2T \\
 &= 0,9 \cdot 480,00 \text{ cm}^2 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2 \cdot (34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\textbf{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot A_n \cdot F_u && \geq 2T \\
 &= 0,75 \cdot 470,7 \text{ cm}^2 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2 \cdot (14795,4 \text{ kg}) \\
 &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\textbf{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\
 &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

## 8.2.4 Sambungan Balok Kolom H 650 x 300 x 14 x 28 - KC 588 x 300 x 12 x 20

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 600 x 300 x 14 x 28

Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban

geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} h_w &= h - 2 \cdot t_f \\ &= 650 \text{ mm} - (2 \cdot 28 \text{ mm}) \\ &= 594 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= h - t_f \\ &= 650 \text{ mm} - 28 \text{ mm} \\ &= 622 \text{ mm} \end{aligned}$$

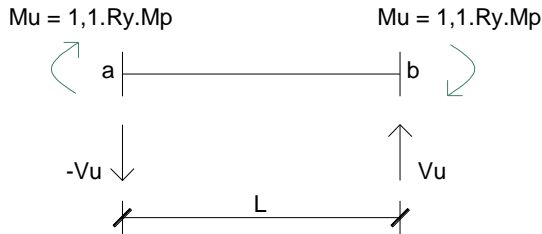
$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\ &= (14 \text{ mm} \cdot (594 \text{ mm}^2)/4 + (622 \text{ mm} \cdot 28 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 6459726 \text{ mm}^3 \\ &= 6459,726 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 6459,726 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 16149315 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (16149315 \text{ kg.cm}) \\ &= 26646369,75 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 33482,1 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\ V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\ &= \frac{26646369,75 \text{ kg.cm} + 26646369,75 \text{ kg.cm}}{1200 \text{ cm}} \\ &= 44410,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, besarnya } V_u \text{ yaitu} &= 33482,1 \text{ kg} + 44410,62 \text{ kg} \\ &= 77892,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi ( $1 \text{ ksi} = 70,33 \text{ kg/cm}^2$ ).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, } t_p &= 14 \text{ mm} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 20664,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.V_n} = \frac{77892,72}{20664,00 \text{ kg}} = 3,77 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 336 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 340 \text{ mm} = 34 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

## b. Sambungan pada Sayap Kolom

### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79472,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, tp} &= 15 \text{ mm} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,75 \cdot r1 \cdot Fu \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 13475,42 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\phi.Rn = 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot db \cdot tp \cdot Fu \text{ profil}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 16568,00 \text{ kg}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 13475,42 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{77892,72 \text{ kg}}{13475,425 \text{ kg}} = 5,78 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Kontrol jarak baut :**

Jarak tepi (S1) = 22 mm s/d 12.tp atau 150 mm  
= 22 mm s/d 180 mm atau 150 mm  
= 60 mm (**Digunakan**)

Jarak baut (S) = 3db s/d 24 tp atau 305 mm  
= 72 mm s/d 360 mm atau 305 mm  
= 110 mm

Jadi panjang siku = (2 x 110 mm) + (2 x 60mm)  
= 340 mm = 34 cm

c. **Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

Ag, 0,9. Fy	$\geq Vu$
(Panjang siku x t siku). 0,9. Fy	$\geq Vu$
(34 cm x 1,5 cm). 0,9. 2500 kg/cm <sup>2</sup>	$\geq 77892,72 \text{ kg}$
114750,00 kg	$> 77892,72 \text{ kg}$
<b>(OK Memenuhi )</b>	

○ **Kontrol terhadap putus :**

Ag = Panjang siku x tebal siku  
= 34 cm x 1,5cm

$$= 51,00 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma d'. tw = (4 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\ 13,200 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{ll} \text{An. } 0,75. Fu \text{ profil} & \geq V_u \\ (\text{Ag} - \Sigma d'. tw). 0,75 fu & \geq V_u \\ (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 & \geq 77892,72 \text{ kg} \\ 123984,00 \text{ kg} & > 77892,72 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi )} & \end{array}$$

#### d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T

##### o Data perencanaan baut :

$$\text{Baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A \text{ baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

##### o Kekuatan tarik baut rencana:

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned} T &= \varphi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\ &= 0,75 \cdot Fu \text{ baut. } 0,75 \cdot n \\ &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\ &= 34109,67 \text{ kg} \\ &= 334615,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi}(S_1) &= 22\text{mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50\text{mm} \text{ (**Digunakan**)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\ &= 81\text{mm s/d } 480\text{mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 200\text{mm} \text{ (**Digunakan**)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200\text{mm}) + (2 \times 50\text{mm}) \\ &= 300\text{mm}\end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan r = 18 mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$a = 64 \text{ mm (Direncanakan)}$$

$$\begin{aligned}b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\ &= \frac{300\text{mm} - 16\text{mm}}{2} - 75\text{mm} \\ &= 67 \text{ mm}\end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned}a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\ &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 67 + 0,5 \times 27 \\ &= 88,5 \text{ mm} < 97,75 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\ &= 67 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm}\end{aligned}$$



$$= 53,5 \text{ mm}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\delta = 1 - (29/300) \\ = 0,903$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86 \text{ kg} \cdot (53,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}}}$$

$$t_{\min} = 31,13 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.t f^2} - 1 \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67 \text{ kg}) \cdot (53,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 250 \text{ Mpa} (32 \text{ mm}^2)} - 1 \right) \\ = -0,949$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$\begin{aligned}
 T &= B_n T \cdot \left( \frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right) \\
 &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg} \\
 &= 334615,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_w &= \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w \\
 &= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300 \\
 &= 1080000 \text{ N} \\
 &= 1080 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned}
 N &= 2T \cdot 2 \\
 &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\
 &= 1338,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

#### e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T

##### o Data perencanaan baut :

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan} &: 27 \text{ mm} \\
 A_{\text{baut}}, A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 27^2 \\
 &= 5,723 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\ &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 31881,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\ &= \frac{2.(34109,67\text{kg})}{17054,83\text{kg}} \\ &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah}\end{aligned}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}Ag &= w. tw \\ &= 300 \text{ cm} . (1,6\text{cm}) \\ &= 480 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}An &= Ag - \Sigma d'.tw \\ &= 480 - 2.2,9.1,6 \\ &= 470,72 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,9. Ag. Fy && \geq 2T \\ &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(34209,67 \text{ kg}) \\ &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg}\end{aligned}$$

( OK Memenuhi )

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75. An. Fu && \geq 2T \\
 &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(14795,4 \text{ kg}) \\
 &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\
 &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

### 8.2.5 Sambungan Balok Kolom H 500 x 300 x 16 x 32 - KC 588 x 300 x 12 x 20

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 500 x 300 x 16 x 32  
 Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.

- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} h_w &= h - 2 \cdot t_f \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \cdot 32 \text{ mm}) \\ &= 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= h - t_f \\ &= 5000 \text{ mm} - 32 \text{ mm} \\ &= 468 \text{ mm} \end{aligned}$$

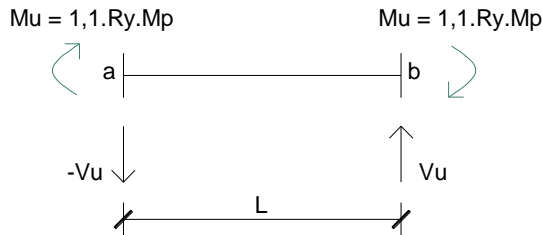
$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\ &= (16 \text{ mm} \cdot (436 \text{ mm}^2)/4 + (43 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 5253184 \text{ mm}^3 \\ &= 5253,184 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 5253,184 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 13132960 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (13132960 \text{ kg.cm}) \\ &= 21669384 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 26847,93 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom  
 $V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 9 \text{ m}$ )  
 $V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\
 V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\
 &= \frac{21669384 \text{ kg.cm} + 21669384 \text{ kg.cm}}{900 \text{ cm}} \\
 &= 48154,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, besarnya  $V_u$  yaitu  $= 26847,93 \text{ kg} + 48154,19 \text{ kg}$   
 $= 75002,12 \text{ kg}$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi ( $1 \text{ ksi} = 70,33 \text{ kg/cm}^2$ ).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa} \\
 \text{Tebal pelat, } t_p &= 16 \text{ mm} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas penampang baut, } A = 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d \cdot t \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 23616,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{75002,12}{23616,00 \text{ kg}} = 3,18 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t \text{p atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 30 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d \text{b s/d } 24 \cdot t \text{p atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\
 &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm (Digunakan)}
 \end{aligned}$$

## b. Sambungan pada Sayap Kolom

### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79472,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 200 x 200 x 20

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot \text{Fu baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 13475,42 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d_b \cdot t_p \cdot \text{Fu profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 35424,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 13475,42 kg.



- **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{75002,12kg}{13475,425kg} = 5,57 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

- **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm (**Digunakan**)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 72 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\ &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

- **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned} Ag \cdot 0,9 \cdot F_y &\geq Vu \\ (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}) \cdot 0,9 \cdot F_y &\geq Vu \\ (34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}) \cdot 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 75002,12 \text{ kg} \\ 1080000,00 \text{ kg} &> 75002,12 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi)} & \end{aligned}$$

- **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned} Ag &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\ &= 24 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \\ &= 48,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma d' \cdot t_w &= (4 \text{ baut} \cdot (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 2 \text{ cm} \\ &= 17,600 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{An. } 0,75. \text{ Fu profil} & \geq V_u \\
 (\text{Ag} - \Sigma d'. \text{ tw}). 0,75 \text{ fu} & \geq V_u \\
 (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 & \geq 75002,12 \text{ kg} \\
 99712,00 \text{ kg} & > 75002,12 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi)} &
 \end{aligned}$$

#### d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T

##### ○ Data perencanaan baut :

$$\text{Baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\
 &= 5,723 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

##### ○ Kekuatan tarik baut rencana:

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned}
 T &= \varphi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \cdot \text{Fu baut} \cdot 0,75 \cdot n \\
 &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg} \\
 &= 334615,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4 (Direncanakan menjadi 2 baris baut)

##### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm (Digunakan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ mm } \textbf{(Digunakan)} \\
 \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan  $r = 18$  mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$\begin{aligned}
 a &= 64 \text{ mm (Direncanakan)} \\
 b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - 16 \text{ mm}}{2} - 64 \text{ mm} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned}
 a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\
 &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 53 + 0,5 \times 27 \\
 &= 77,5 \text{ mm} < 79,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\
 &= 53 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\
 &= 39,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= 1 - (27/300) \\
 &= 0,903
 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86kg.(39,5mm)}{200mm.410Mpa}}$$

$$t_{\min} = 26,75 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.tf^2} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67kg).(53,5mm)}{200mm.250Mpa(32mm^2)} - 1 \right) \\ &= -0,99 \end{aligned}$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$\begin{aligned} T &= Bn \cdot T \cdot \left( \frac{\alpha.\delta}{1 + \alpha.\delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right) \\ &= \phi \cdot Ab \cdot Fnt \\ &= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29 \\ &= 34109,67 \text{ kg} \\ &= 334615,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_w &= \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w \\ &= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300 \\ &= 1080000 \text{ N} \\ &= 1080 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned} N &= 2T.2 \\ &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\ &= 1338,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

**e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan} &: 27 \text{ mm} \\ A \text{ baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \text{ baut} \cdot A_b \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 31881,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\
 &= \frac{2.(34109,67kg)}{17054,83kg} \\
 &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\
 &\text{(Dipasang 2 baris)}
 \end{aligned}$$

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 A_g &= w. tw \\
 &= 300 \text{ cm} . (1,6 \text{ cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 A_n &= A_g - \Sigma d'.tw \\
 &= 480 - 2.2,9.1,6 \\
 &= 470,72 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,9. A_g. F_y && \geq 2T \\
 &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75. A_n. F_u && \geq 2T \\
 &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(14795,4 \text{ kg}) \\
 &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\
 &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

### 8.2.6 Sambungan Balok Kolom H 650 x 300 x 16 x 32 - KC 700 x 300 x 13 x 24

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned}
 \text{Balok Induk Memanjang} &: \text{H } 650 \times 300 \times 16 \times 32 \\
 \text{Kolom (Profil KingCross)} &: \text{KC } 700 \times 300 \times 13 \times 24
 \end{aligned}$$

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 h_w &= h - 2.t_f \\
 &= 650 \text{ mm} - (2 \cdot 32 \text{ mm}) \\
 &= 586 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_f &= h - t_f \\
 &= 650 \text{ mm} - 32 \text{ mm} \\
 &= 618 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

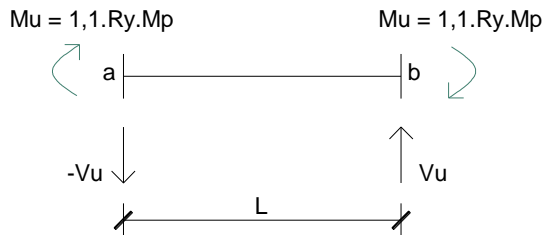
$$\begin{aligned}
 Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\
 &= (14 \text{ mm} \cdot (586 \text{ mm}^2)/4 + (618 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\
 &= 7306384 \text{ mm}^3 \\
 &= 7306,384 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 7306,384 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 18265960 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (18265960 \text{ kg.cm}) \\
 &= 30138834 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 26847,93 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\
 V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\
 &= \\
 &= \frac{26646369,75 \text{ kg.cm} + 26646369,75 \text{ kg.cm}}{900 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$



$$= 59214,16 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, besarnya Vu yaitu} &= 19033,81 \text{ kg} + 59214,16 \text{ kg} \\ &= 78247,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot \text{Fu baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot \text{db} \cdot \text{tp} \cdot \text{Fu profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,4 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 20664,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{78247,97}{20664,00kg} = 3,79 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 168 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot tp \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 336 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 860 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 340 \text{ mm} = 34 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Sayap Kolom**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79472,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } tp = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \emptyset = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang baut, } A = 1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 13475,42 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 26568,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 13475,42 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.V_n} = \frac{78247,97 \text{ kg}}{13475,425 \text{ kg}} = 5,81 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 70 \text{ mm (Digunakan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 72 \text{ mm s/d } 360 \text{ mm atau } 305 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 100 \text{ mm}) + (2 \times 70 \text{ mm}) \\ &= 340 \text{ mm} = 34 \text{ cm} \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned} \text{Ag, } 0,9 \cdot F_y &\geq V_u \\ (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}), 0,9 \cdot F_y &\geq V_u \\ (34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}), 0,9 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 78247,97 \text{ kg} \\ 114750,00 \text{ kg} &> 78247,97 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned} \text{Ag} &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\ &= 34 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \\ &= 51,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma d' \cdot t_w &= (4 \text{ baut} \cdot (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\ &= 13,200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{An, } 0,75 \cdot F_u \text{ profil} &\geq V_u \\ (\text{Ag} - \Sigma d' \cdot t_w), 0,75 \cdot f_u &\geq V_u \\ (51 \text{ cm}^2 - 13,2 \text{ cm}^2), 0,8 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 &\geq 78247,97 \text{ kg} \\ 123984,00 \text{ kg} &> 78247,97 \text{ kg} \\ \text{(OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

**d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\text{Baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{A baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

○ **Kekuatan tarik baut rencana:**

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned}
 T &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \cdot F_u \text{ baut} \cdot 0,75 \cdot n \\
 &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg} \\
 &= 334615,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

**Kontrol jarak baut**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm} \cdot 288 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm (**Digunakan**)} \\
 \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 576 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ mm (**Digunakan**)} \\
 \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan  $r = 18$  mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$\begin{aligned}
 a &= 64 \text{ mm (Direncanakan)} \\
 b &= \frac{bf - tf}{2} - a
 \end{aligned}$$

$$= \frac{300\text{mm} - 16\text{mm}}{2} - 75\text{mm}$$

$$= 67 \text{ mm}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned} a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\ &= 75 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 67 + 0,5 \times 27 \\ &= 88,5 \text{ mm} < 97,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\ &= 67 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\ &= 53,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$p = 300\text{mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned} \delta &= 1 - (27/300) \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86\text{kg} \cdot (53,5\text{mm})}{200\text{mm} \cdot 410\text{Mpa}}}$$

$$t_{\min} = 31,13 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.tf^2} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67 \text{ kg}).(39,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm}.250 \text{ Mpa}(32 \text{ mm}^2)} - 1 \right) \\ &= -0,99 \end{aligned}$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$\begin{aligned} T &= B_n T \cdot \left( \frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right) \\ &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\ &= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29 \\ &= 34109,67 \text{ kg} \\ &= 334615,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_w &= \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w \\ &= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300 \\ &= 1080000 \text{ N} \\ &= 1080 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned} N &= 2T \cdot 2 \\ &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\ &= 1338,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

**e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan} &: 27 \text{ mm} \\ A_{\text{baut}}, A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 27^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi.Vn &= 0,75.r_1.Fu \text{ baut.} A \text{ baut.} m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\ &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 31881,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned} n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\ &= \frac{2.(34109,67 \text{ kg})}{17054,83 \text{ kg}} \\ &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\ &\text{(Dipasang 2 baris)} \end{aligned}$$



○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 A_g &= w. \cdot t_w \\
 &= 300 \text{ cm} \cdot (1,6 \text{ cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 A_n &= A_g - \sum d' \cdot t_w \\
 &= 480 - 2 \cdot 2,9 \cdot 1,6 \\
 &= 470,72 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot A_g \cdot F_y && \geq 2T \\
 &= 0,9 \cdot 480,00 \text{ cm}^2 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2 \cdot (34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot A_n \cdot F_u && \geq 2T \\
 &= 0,75 \cdot 470,7 \text{ cm}^2 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2 \cdot (14795,4 \text{ kg}) \\
 &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\
 &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

### 8.2.7 Sambungan Balok Kolom H 500 x 300 x 16 x 32 - KC 700 x 300 x 13 x 24

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : H 500 x 300 x 16 x 32

Kolom (Profil KingCross) : KC 700 x 300 x 13 x 24

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} h_w &= h - 2.t_f \\ &= 500 \text{ mm} - (2 \cdot 32 \text{ mm}) \\ &= 436 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= h - t_f \\ &= 500 \text{ mm} - 32 \text{ mm} \\ &= 468 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \cdot h_w^2)/4 + (h_f \cdot t_f \cdot b_f) \\ &= (16 \text{ mm} \cdot (436 \text{ mm})^2)/4 + (468 \text{ mm} \cdot 32 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}) \\ &= 5253184 \text{ mm}^3 \\ &= 5253,184 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

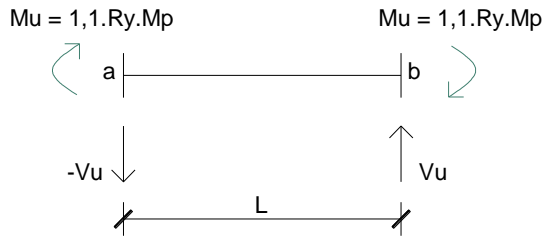
$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 5253,184 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 13132960 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (13132960 \text{ kg.cm}) \\ &= 21669384 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$

ditambah gaya geser yang berasal dari Mu diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 25020,47 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\begin{aligned} \Sigma M_A &= 0 \\ V_B \cdot L - M_B - M_A &= 0 \\ V_B &= \frac{M_A + M_B}{L} \\ &= \frac{21669384 \text{ kg.cm} + 21669384 \text{ kg.cm}}{900 \text{ cm}} \\ &= 48154,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, besarnya } V_u \text{ yaitu } &= 25020,19 \text{ kg} + 48154,19 \text{ kg} \\ &= 73174,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi ( $1 \text{ ksi} = 70,33 \text{ kg/cm}^2$ ).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 79742,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 236161,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{73174,66 \text{ kg}}{23616,00 \text{ kg}} = 3,10 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

Jarak tepi (S1) = 22 mm s/d 12.t<sub>p</sub> atau 150 mm

$$\begin{aligned}
 &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 30 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (3 \times 60 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\
 &= 240 \text{ mm} = 24 \text{ cm (Digunakan )}
 \end{aligned}$$

## b. Sambungan pada Sayap Kolom

### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79472,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, tp} = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \emptyset = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .

### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 175 x 175 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 13475,42 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 26568,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 13475,42 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{73174,66\text{kg}}{13475,425\text{kg}} = 5,43 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

(Dipasang 2 baris)

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm (**Digunakan**)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 72 \text{ mm s/d } 360 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 40 \text{ mm}) \\
 &= 280 \text{ mm} = 28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned}
 Ag, 0,9. Fy &\geq Vu \\
 (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}). 0,9. Fy &\geq Vu \\
 (24 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}). 0,9. 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 73174,66 \text{ kg} \\
 810000,00 \text{ kg} &> 73174,66 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$Ag = \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku}$$

$$= 24 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}$$

$$= 36,00 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma d'. \text{ tw} = (4 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm}$$

$$= 13,200 \text{ cm}^2$$

An. 0,75. Fu profil	$\geq V_u$
(Ag - $\Sigma d'. \text{ tw}$ ). 0,75 fu	$\geq V_u$
(36 cm <sup>2</sup> - 13,2 cm <sup>2</sup> ). 0,8. 4100 kg/cm <sup>2</sup>	$\geq 73174,66 \text{ kg}$
74784,00 kg	$> 73174,66 \text{ kg}$
<b>(OK Memenuhi )</b>	

#### d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T

##### ○ Data perencanaan baut :

Baut,  $\varnothing = 27 \text{ mm}$

$$A \text{ baut, } A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d$$

$$= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2$$

$$= 5,723 \text{ cm}^2$$

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$Fu \text{ baut} = 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 7974,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 79742,9 \text{ Mpa}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

##### ○ Kekuatan tarik baut rencana:

Kekuatan tarik baut rencana :

$$T = \varphi \cdot A_b \cdot F_{nt}$$

$$= 0,75 \cdot Fu \text{ baut. } 0,75 \cdot n$$

$$= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29$$

$$= 34109,67 \text{ kg}$$

$$= 334615,86 \text{ N}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22\text{mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm.} 288 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50\text{mm} \text{ (**Digunakan**)} \\
 \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81\text{mm s/d } 576\text{mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 200\text{mm} \text{ (**Digunakan**)} \\
 \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200\text{mm}) + (2 \times 50\text{mm}) \\
 &= 300\text{mm}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan r = 18 mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$\begin{aligned}
 a &= 64 \text{ mm (Direncanakan)} \\
 b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\
 &= \frac{250\text{mm} - 16\text{mm}}{2} - 64\text{mm} \\
 &= 53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik a = 1,25 b)

$$\begin{aligned}
 a' &= a + 1/2. \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\
 &= 64 \text{ mm} + 0,5. 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 53 + 0,5 \times 27 \\
 &= 77,5 \text{ mm} < 79,75 \text{ mm} \\
 b' &= b - 1/2. \varnothing \text{ baut} \\
 &= 53 \text{ mm} - 1/2. 27 \text{ mm} \\
 &= 39,5 \text{ mm} \\
 p &= 300\text{mm}
 \end{aligned}$$



$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\delta = 1 - (29/300)$$

$$= 0,903$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86kg.(39,5mm)}{200mm.410Mpa}}$$

$$t_{\min} = 26,75 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.tf^2} - 1 \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,903} \left( \frac{4.(34109,67kg).(39,5mm)}{200mm.250Mpa(32mm^2)} - 1 \right)$$

$$= -0,99$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek prying)

$$T = Bn T \cdot \left( \frac{\alpha.\delta}{1 + \alpha.\delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right)$$

$$= \phi \cdot Ab \cdot Fnt$$

$$= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29$$

$$= 34109,67 \text{ kg}$$

$$= 334615,86 \text{ N}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_w &= \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w \\ &= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300 \\ &= 1080000 \text{ N} \\ &= 1080 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$\begin{aligned} N &= 2T_2 \\ &= 2 \times 334,6159 \text{ kN} \\ &= 1338,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

**e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T**

○ **Data perencanaan baut :**

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan} &: 27 \text{ mm} \\ A \text{ baut, } A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2 \\ &= 5,723 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 79742,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A_b \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 31881,60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\
 &= \frac{2.(34109,67\text{kg})}{17054,83\text{kg}} \\
 &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\
 &\text{(Dipasang 2 baris)}
 \end{aligned}$$

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 A_g &= w. tw \\
 &= 300 \text{ cm} . (1,36\text{cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 A_n &= A_g - \sum d'.tw \\
 &= 480 - 2.2,9.1,6 \\
 &= 470,72 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,9. A_g. F_y && \geq 2T \\
 &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(34209,67 \text{ kg}) \\
 &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34\text{kg} \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75. A_n. F_u && \geq 2T \\
 &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(14795,4 \text{ kg})
 \end{aligned}$$

$$= 1447464,00 \text{ kg} > 68219,34 \text{ kg}$$

( OK Memenuhi )

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 192 mm atau 150 mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 81 \text{ mm s/d 384 mm atau 305 mm} \\ &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\ &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

### 8.2.8 Sambungan Balok Kolom WF 450 x 200 x 9 x 14 - KC 588 x 300 x 12 x 20 (Atap)

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk Memanjang : WF 450 x 200 x 9 x 14

Kolom (Profil KingCross) : KC 588 x 300 x 12 x 20

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan menggunakan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom.
- Bebn momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan profil T ke flens balok.

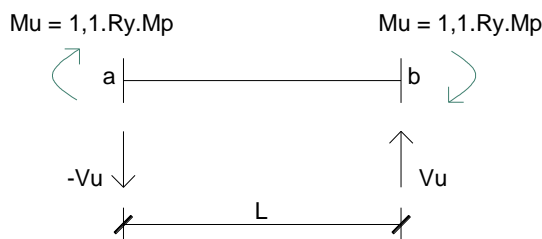
Sambungan kaku merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan perhitungan di bawah ini :

$$\begin{aligned} h_w &= h - 2.t_f \\ &= 450 \text{ mm} - (2 \cdot 14 \text{ mm}) \\ &= 422 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hf &= h - tf \\
 &= 450 \text{ mm} - 14 \text{ mm} \\
 &= 436 \text{ mm} \\
 Z_x &= (tw \cdot hw^2)/4 + (hf \cdot tf \cdot bf) \\
 &= (9 \text{ mm} \cdot (422 \text{ mm})^2 + (436 \text{ mm} \cdot 14 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm})) \\
 &= 1621489 \text{ mm}^3 \\
 &= 1621,489 \text{ cm}^3 \\
 M_p &= Z_x \cdot F_y \\
 &= 161,489 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/cm}^3 \\
 &= 4053722,5 \text{ kg.cm} \\
 M_u &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p \\
 &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot (4053722,5 \text{ kg.cm}) \\
 &= 6688642,125 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  diatas. Dari output SAP 2000 didapatkan  $V_u$  ( $1,2D + 0,5L$ ), adalah sebagai berikut :

$$V_u = 6251,56 \text{ kg}$$



Gambar. Gaya pada Balok - Kolom

$V_u$  akibat kapasitas penampang, ( $L = 12 \text{ m}$ )

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\begin{aligned}
 VB.L - MB - MA &= 0 \\
 VB &= \frac{MA + MB}{L} \\
 &= \\
 \frac{6688642,125 \text{ kg.cm} + 6688642,125 \text{ kg.cm}}{1200 \text{ cm}} \\
 &= 11147,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, besarnya Vu yaitu} &= 6251,125 \text{ kg} + 11147,74 \text{ kg} \\
 &= 17399,30 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### a. Sambungan pada Badan Balok

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, tp} &= 9 \text{ mm} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

##### ○ Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

$$\begin{aligned}
 &\text{Kuat geser baut,} \\
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot \text{Fu baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg (Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 13284,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 18715,87 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Vn} = \frac{17399,30 \text{ kg}}{13284,00 \text{ kg}} = 1,31 \text{ buah} \sim 2 \text{ buah}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 108 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 216 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (1 \times 60 \text{ mm}) \\
 &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada Sayap Kolom**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7947,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 79472,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 15 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan pada badan balok :**

Direncanakan menggunakan pelat siku L 150 x 150 x 15

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,936 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22140,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{17399,30 \text{ kg}}{9357,934 \text{ kg}} = 1,86 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

Dipasang 2 baris, masing-masing baris 4 baut.

○ **Kontrol jarak baut :**



$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d 180 mm atau 150 mm} \\
 &= 30 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d 360 mm atau 305 mm} \\
 &= 70 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (2 \times 70 \text{ mm}) + (2 \times 30 \text{ mm}) \\
 &= 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

○ **Kontrol terhadap leleh :**

$$\begin{aligned}
 \text{Ag. 0,9. Fy} &\geq V_u \\
 (\text{Panjang siku} \times t \text{ siku}). 0,9. F_y &\geq V_u \\
 (20 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}). 0,9. 2500 \text{ kg/cm}^2 &\geq 17399,30 \text{ kg} \\
 67500,00 \text{ kg} &> 17399,30 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol terhadap putus :**

$$\begin{aligned}
 \text{Ag} &= \text{Panjang siku} \times \text{tebal siku} \\
 &= 20 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 30,00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma d'. \text{ tw} &= (2 \text{ baut. } (2 \text{ cm} + 0,2 \text{ cm})) \times 1,5 \text{ cm} \\
 &= 6,600 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{An. 0,75. Fu profil} &\geq V_u \\
 (\text{Ag} - \Sigma d'. \text{ tw}). 0,75 \text{ fu} &\geq V_u \\
 (30 \text{ cm}^2 - 6,6 \text{ cm}^2). 0,8. 4100 \text{ kg/cm}^2 &\geq 17399,30 \text{ kg} \\
 76752,00 \text{ kg} &> 17399,30 \text{ kg} \\
 \text{(OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

**d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – Profil T**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 27 \text{ mm}$$

○ **Kekuatan tarik baut rencana:**

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned}
 T &= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt} \\
 &= 0,75 \cdot F_u \text{ baut} \cdot 0,75 \cdot n \\
 &= 0,75 \times 5,723 \text{ kg/cm}^2 \times 7947,29 \\
 &= 34109,67 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut(n) = 4(Direncanakan menjadi 2 baris baut)

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi}(S_1) &= 22 \text{ mm s/d tp atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm} \cdot 240 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm (**Digunakan**)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut}(p) &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 81 \text{ mm s/d } 480 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ mm (**Digunakan**)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang profil}(w) &= (1 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol tebal flens profil – T :**

Direncanakan profil T 400 x 250 x 16 x 32, dengan r = 18 mm.

Dari potongan profil HY 800 x 250 x 16 x 32

$$a = 64 \text{ mm (Direncanakan)}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{bf - tf}{2} - a \\
 &= \frac{250 \text{ mm} - 16 \text{ mm}}{2} - 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 53 \text{ mm}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a = 1,25 b$ )

$$\begin{aligned} a' &= a + 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \leq 1,25b + 1/2db \\ &= 64 \text{ mm} + 0,5 \cdot 27 \text{ mm} \leq 1,25 \times 53 + 0,5 \times 27 \\ &= 77,5 \text{ mm} < 79,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= b - 1/2 \cdot \varnothing \text{ baut} \\ &= 53 \text{ mm} - 1/2 \cdot 27 \text{ mm} \\ &= 39,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$p = 300 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( 1 - \frac{d_h}{p} \right)$$

$$\begin{aligned} \delta &= 1 - (27/300) \\ &= 0,903 \end{aligned}$$

Sambungan profil T dipikul oleh 2 baris baut. Tiap barisnya memikul sebesar 2T. Selanjutnya akan dicek tebal minimum pelat sayap sebagai berikut :

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.Tb'}{p.Fu}}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{4,44.334615,86 \text{ kg} \cdot (39,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}}}$$

$$t_{\min} = 26,75 \text{ mm} < 32 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Momen kapasitas pelat sayap :

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{4.T.b'}{p.Fy.t f^2} - 1 \right)$$

$$\alpha = \frac{1}{0,903} \left( \frac{4 \cdot (34109,67 \text{ kg}) \cdot (39,5 \text{ mm})}{200 \text{ mm} \cdot 250 \text{ Mpa} (32 \text{ mm}^2)} - 1 \right)$$

$$= -0,99 < 1$$

Dipakai  $\alpha = 0$  (Maka fraktur baut tanpa terjadi efek praying)

$$T = B_n T \cdot \left( \frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta} \right) \cdot \left( \frac{b'}{a'} \right)$$

$$= \phi \cdot A_b \cdot F_{nt}$$

$$= 0,75 \times 5,723 \times 7947,29$$

$$= 34109,67 \text{ kg}$$

$$= 334615,86 \text{ N}$$

Kapasitas tarik pelat badan adalah sebagai berikut :

$$T_w = \phi \cdot F_y \cdot t_w \cdot w$$

$$= 0,75 \times 250 \times 16 \times 300$$

$$= 1080000 \text{ N}$$

$$= 1080 \text{ kN}$$

Kapasitas pelat tarik pelat badan lebih besar dari kapasitas lentur pelat sayap, sehingga komponen ini yang menentukan yaitu :

$$N = 2T \cdot 2$$

$$= 2 \times 334,6159 \text{ kN}$$

$$= 1338,46 \text{ kN}$$

#### e. Kontrol Kekuatan Badan Profil – T

##### o Data perencanaan baut :

$$\text{Direncanakan} : 27 \text{ mm}$$

$$A_{\text{baut}}, A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,7^2$$

$$= 5,723 \text{ cm}^2$$

Menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$F_u \text{ baut} = 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 79742,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .

○ **Kontrol sambungan badan profil - T:**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7974,29 \text{ kg/cm}^2 \times 5,72^2 \times 1 \\
 &= 17054,83 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,7 \text{ cm} \times 1,6 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 31881,60 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 17054,83 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2.T}{\phi.Rn} \\
 &= \frac{2.(34109,67 \text{ kg})}{17054,83 \text{ kg}} \\
 &= 4,00 \text{ buah} \sim 4,00 \text{ buah} \\
 &\text{(Dipasang 2 baris)}
 \end{aligned}$$

○ **Badan profil – T sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}
 Ag &= w. tw \\
 &= 300 \text{ cm} . (1,36 \text{ cm}) \\
 &= 480 \text{ cm}^2 \\
 An &= Ag - \Sigma d'.tw \\
 &= 480 - 2.2,9.1,6
 \end{aligned}$$

$$= 470,72 \text{ cm}^2$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned} \phi.V_n &= 0,9. A_g. F_y && \geq 2T \\ &= 0,9. 480,00 \text{ cm}^2. 2500 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(34209,67 \text{ kg}) \\ &= 1080000,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\ &\text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= 0,75. A_n. F_u && \geq 2T \\ &= 0,75. 470,7 \text{ cm}^2. 4100 \text{ kg/cm}^2 && \geq 2.(14795,4 \text{ kg}) \\ &= 1447464,00 \text{ kg} && > 68219,34 \text{ kg} \\ &\text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \\ \text{Jarak baut (S)} &= 3.d_b \text{ s/d } 24 \text{ } t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 81 \text{ mm s/d } 384 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 150 \text{ mm} \\ \text{Jadi panjang T} &= (1 \times 150 \text{ mm}) + (2 \times 80 \text{ mm}) \\ &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

## 8.3 Sambungan Bresing

### 8.3.1 Sambungan Bresing X

#### 8.3.1.1 Sambungan Bresing WF 390x300x10x16 dengan Balok

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk : H 450 x 300 x 12 x 22

Bresing : WF 390 x 300 x 10 x 16

Data profil bresing :

WF 390.300.10.16													
G	h	b	tw	tf	r	A	I <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	bf/2.tf
107	390	300	10	16	22	136	38700	16,9	7210	7,28	1985	481	9,375
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Pu tekan (Output SAP)} & = & 82222,59 \text{ kg} \\
 \text{Pu tarik (Output SAP)} & = & 72221,44 \text{ kg} \\
 \text{Ry. Fy. Ag} & = & 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 136,0 \text{ cm}^2 \\
 & = & 510000 \text{ kg}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array}} \right\} \text{Kuat perlu}$$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 72221,44 kg

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Mu}_{\text{balok}} & = & 9783,04 \text{ kg} \\
 \text{Vu}_{\text{balok}} & = & 16768,59 \text{ kg} \\
 \text{Pu}_{\text{balok}} & = & 82871,76 \text{ kg}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{Vu_{\text{balok}}}{\sin \alpha} + \frac{Pu_{\text{balok}}}{\cos \alpha} + \frac{Pu_{\text{breing}}}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{16768,59 \text{ kg}}{0,776} + \frac{82871,76 \text{ kg}}{0,631} + \frac{82222,59}{0,776} \\
 &= 258966,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mu} = 9783,04 \text{ kg ( Digunakan )}$$

#### a. Sambungan Baut

**Sambungan pada pelat sayap,**○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 10 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned} \phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_{uf} \\ &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (96,0 \text{ cm}^2) \\ &= 228000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{uc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\ &= 978304 \text{ kg.cm} / (39 \text{ cm} - 2 \cdot 1,6 \text{ cm}) \\ &= 27326,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{uf} &> P_{uc} \\ 228000 \text{ kg} &> 27326,93 \text{ kg} \quad (\text{OK Memenuhi}) \end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baut,} \\ \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 14760,00 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 14760,00 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{82222,59 \text{ kg}}{14760 \text{ kg}} = 5,57 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi Puf}{n} = \frac{228000,00 \text{ kg}}{20} = 11400 \text{ kg} < 14760,00 \text{ kg ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 10 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \phi &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

$$V_u = 258966,07 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14760,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{total}} &= \text{Mu} + (\text{Vu} \times e) \\ &= 9783,04 \text{ kg.m} + (258966,07 \text{ kg} \times 0,195 \text{ m}) \\ &= 60281,42 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$.n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned} Ru &= 0,7 \cdot 1,2 \cdot 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6 \times 60281,24 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,66 \text{ kg}}}$$

$$= 8,76 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 5530 \text{ cm}^2 \\ &= 11060 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Akibat Vu,

$$\begin{aligned}\text{Kuv} &= V_u / n \\ &= 258966,07 \text{ kg} / 20 \\ &= 12948,30 \text{ kg}\end{aligned}$$

Akibat M total

$$\begin{aligned}Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\ &= \frac{6028142,36 \text{ kg.cm}}{11060 \text{ cm}^2} \\ &= 545,04 \text{ kg} < 9357,93 \text{ kg ( OK )}\end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 120 mm atau 150 mm} \\ &= 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 240 mm atau 305 mm} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )}\end{aligned}$$

**b. Sambungan Las Sudut Bresing dengan Balok**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan las minimum, a} &= 5 \text{ mm} \\ \text{Tebal las rencana, w} &= 10 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif las sudut, te} &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\ &= 3,535 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

Menghitung panjang las total,

$$\begin{aligned}\text{Lwe} &= (2 \times 300 \text{ mm}) + (2 \times 529 \text{ mm}) \\ &= 1658 \text{ mm} \\ &= 165,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Awe} &= (0,707 \times w). \text{Lwe} \\ &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}). 165,8 \text{ cm} \\ &= 117,22 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\phi R_{nw} = 0,75. t \text{ rencana } (0,6. F_{uw})$$

$$= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$L = 6,5 \text{ m} / 2 = 3,25 \text{ m}$$

$$t = 4,0 \text{ m}$$

$$m = \sqrt{L^2 + t^2}$$

$$= \sqrt{(3,25 \text{ m})^2 + (4,0 \text{ m})^2}$$

$$= 5,15 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = 3,25 \text{ m} / 5,15 \text{ m}$$

$$= 0,631$$

$$\sin \alpha = 4,0 \text{ m} / 5,15 \text{ m}$$

$$= 0,776$$

$$\sin \alpha \cdot Pu = 0,776 \times 82222,59 \text{ kg} = 63814,10 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot Pu = 0,631 \times 82222,59 \text{ kg} = 51848,96 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha \cdot Pu}{Aw} = \frac{63814,10 \text{ kg}}{(117,22 \text{ cm})^2} = 544,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha \cdot Pu}{Aw} = \frac{51848,96 \text{ kg}}{(117,22 \text{ cm})^2} = 442,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \sqrt{(\sum F_h)^2 + (\sum F_v)^2}$$

$$= \sqrt{(544,39 \text{ kg/cm}^2)^2 + (442,32 \text{ kg/cm}^2)^2}$$

$$= 701,43 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$t_e = F_{\text{total}} / \phi R_{nw}$$

$$= 701,43 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,22 \text{ cm}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 16 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$a = t_e / 0,707$$

$$= 0,22 \text{ cm} / 0,707$$

$$= 0,31 \text{ cm} < a_{\min}$$

Maka : dipakai  $a = 1,2 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 165,8 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 16 \text{ mm}$   
 $= 12 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$A_{we} = \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1,2 \text{ cm} \cdot (165,8 \text{ cm})}{\sqrt{2}}$$

$$= 140,7 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,6 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta)$$

$$= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ)$$

$$= 4219,8 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\beta = 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t)$$

$$= 1,2 - 0,002 \cdot (165,8 \text{ cm} / 1,2 \text{ cm})$$

$$= 0,924 < 1 \text{ (OK)}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 140,69 \text{ cm}^2$$

$$= 445249,98 \text{ kg} > (P_u = 82222,59 \text{ kg})$$

( OK Memenuhi )

### 8.3.1.2 Sambungan Bresing WF 390x300x10x16 dengan Kolom

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Kolom : KC 588x300x1x20

Bresing : WF 390 x 300 x 10 x 16

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$P_u$  tekan (Output SAP) = 82222,59 kg

$P_u$  tarik (Output SAP) = 72221,44 kg

$R_y \cdot F_y \cdot A_g = 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 136,0 \text{ cm}^2$

= 510000 kg

} Kuat perlu

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 72221,44 kg

$V_u$ \_bresing = 560,88 kg

$M_u$ \_kolom = 32593,12 kg

$V_u$ \_kolom = 13467,54 kg

$P_u$ \_kolom = 774987,44 kg

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{V_u \text{ _kolom}}{\sin \alpha} + \frac{P_u \text{ _kolom}}{\cos \alpha} + \frac{V_u \text{ _breing}}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{13467,54 \text{ kg}}{0,776} + \frac{774987,44 \text{ kg}}{0,631} + \frac{560,88}{0,776} \\
 &= 1247057,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Muw} &= \frac{1/12.t.w.hw^3}{I_x} x \text{Mu} \\
 &= \frac{1/12.1,0\text{cm}.(35,8\text{cm})^3}{38700\text{cm}^4} x 3259312\text{kg.cm} \\
 &= 322019,97 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Muf} &= \text{Mu}_{\text{kolom}} - \text{Muw} \\
 &= 3259312 \text{ kg.cm} - 322019,97 \text{ kg.cm} \\
 &= 2937292,03 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mu} = 29372,92 \text{ kg.m (Digunakan)}$$

#### a. Sambungan Baut

##### **Sambungan pada pelat sayap,**

##### ○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 794,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, tp} &= 12 \text{ mm (tebal terkecil)} \\
 \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

##### ○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\phi \text{ Puf} = 0,95 \cdot \text{Puf}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_gf \\
 &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (96,0 \text{ cm}^2) \\
 &= 228000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ukc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\
 &= 2937292,03 \text{ kg.cm} / (39 \text{ cm} - 2 \cdot 1,6 \text{ cm}) \\
 &= 82047,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{uf} &> P_{ukc} \\
 228000 \text{ kg} &> 82047,26 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot F_u \cdot A_{baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 14760,00 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 14760,00 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{82222,59 \text{ kg}}{14760 \text{ kg}} = 5,57 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi P_{uf}}{n} = \frac{228000,00 \text{ kg}}{20} = 11400 \text{ kg} < 14760,00 \text{ kg ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 120 mm atau 150 mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 240 mm atau 305 mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, tp} &= 10 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, A} &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

Gaya geser yang bekerja :

$$V_u = 82222,59 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut. } A \text{ baut. } m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2.4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14760,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}Mu_{\text{total}} &= Mu + (Vu \times e) \\ &= 29372,92 \text{ kg.m} + (82222,59 \text{ kg} \times 0,195 \text{ m}) \\ &= 45406,33 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned}Ru &= 0,7. 1,2. 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6 \times 45406,33 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,66 \text{ kg}}}$$

$$= 2,4 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 5530 \text{ cm}^2 \\ &= 11060 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Akibat Vu,

$$\begin{aligned}\text{Kuv} &= Vu / n \\ &= 82222,59 \text{ kg} / 20 \\ &= 4111,13 \text{ kg}\end{aligned}$$

Akibat M total

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\
 &= \frac{4540632,54 \text{ kg.cm}}{11060 \text{ cm}^2} \\
 &= 410,55 \text{ kg} < 9357,93 \text{ kg ( OK )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d 120 mm atau 150 mm} \\
 &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d 240 mm atau 305 mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

**b. Sambungan Las Sudut Bresing dengan Kolom**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Ketebalan las minimum, a} &= 5 \text{ mm} \\
 \text{Tebal las rencana, w} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Tebal efektif las sudut, te} &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\
 &= 3,535 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

$$\begin{aligned}
 &\text{Menghitung panjang las total,} \\
 \text{Lwe} &= (2 \times 300 \text{ mm}) + (2 \times 578 \text{ mm}) \\
 &= 1756 \text{ mm} \\
 &= 175,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Awe} = (0,707 \times w) \cdot \text{Lwe}$$

$$= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}). 175,6 \text{ cm}$$

$$= 124,15 \text{ cm}^2$$

Kuat nominal las sudut :

$$\phi R_{nw} = 0,75. t \text{ rencana } (0,6. F_u w)$$

$$= 0,75. 1,0 \text{ cm}. 0,6. 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$L = 6,5 \text{ m} / 2 = 3,25 \text{ m}$$

$$t = 4,0 \text{ m}$$

$$m = \sqrt{L^2 + t^2}$$

$$= \sqrt{(3,25 \text{ m})^2 + (4,0 \text{ m})^2}$$

$$= 5,15 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = 3,25 \text{ m} / 5,15 \text{ m}$$

$$= 0,631$$

$$\sin \alpha = 4,0 \text{ m} / 5,15 \text{ m}$$

$$= 0,776$$

$$\sin \alpha . Pu = 0,776 \times 82222,59 \text{ kg} = 63814,10 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha . Pu = 0,631 \times 82222,59 \text{ kg} = 51848,96 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha . Pu}{A_w} = \frac{63814,10 \text{ kg}}{(124,15 \text{ cm})^2} = 514,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha . Pu}{A_w} = \frac{51848,96 \text{ kg}}{(124,15 \text{ cm})^2} = 417,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \sqrt{(\sum F_h)^2 + (\sum F_v)^2}$$

$$= \sqrt{(514,01 \text{ kg/cm}^2)^2 + (417,63 \text{ kg/cm}^2)^2}$$

$$= 662,29 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} t_e &= F_{\text{total}} / \phi R_{nw} \\ &= 662,29 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,21 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 16 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= t_e / 0,707 \\ &= 0,21 \text{ cm} / 0,707 \\ &= 0,30 \text{ cm} < a_{\min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 1,2 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 165,8 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 12 \text{ mm}$   
 $= 9 \text{ mm} \sim 12 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1,2 \text{ cm} \cdot (175,6 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \\ &= 149,0 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx}(1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\begin{aligned} \beta &= 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t) \\ &= 1,2 - 0,002 \cdot (175,6 \text{ cm} / 1,2 \text{ cm}) \end{aligned}$$



$$= 0,91 < 1 \text{ ( OK )}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 149,00 \text{ cm}^2 \\ &= 471567,53 \text{ kg} > (P_u = 82222,59 \text{ kg}) \\ &\text{( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

### 8.3.1.3 Sambungan Bresing WF 400x200x8x13 dengan Balok

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk

: H 450x300x12x22

Bresing

: WF 400x200x8x13

Data profil bresing :

WF 400.200.8.13									
W	=	66	kg/m	r	=	16	mm	hw	= d-2.(tf+r)
A	=	84,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	23700	cm <sup>4</sup>		= 352 mm
d	=	400	mm	I <sub>y</sub>	=	1740	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	= (d-2.tf).tw
bf	=	200	mm	i <sub>x</sub>	=	16,79	cm		= 29,9 cm <sup>2</sup>
tw	=	8	mm	i <sub>y</sub>	=	4,55	cm	bf/2	= 7,69 mm
tf	=	13	mm	S <sub>x</sub>	=	1185	cm <sup>3</sup>		

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$$P_u \text{ tekan (Output SAP)} = 46282,64 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik (Output SAP)} = 38268,25 \text{ kg}$$

$$R_y \cdot F_y \cdot A_g = 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 84,12 \text{ cm}^2$$

} Kuat perlu

$$= 38268,25 \text{ kg}$$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 72221,44 kg

$$Mu_{\text{balok}} = 3569,53 \text{ kg}$$

$$Vu_{\text{balok}} = 3771,47 \text{ kg}$$

$$Pu_{\text{balok}} = 37063,61 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{Vu_{\text{balok}}}{\sin \alpha} + \frac{Pu_{\text{balok}}}{\cos \alpha} + \frac{Pu_{\text{breing}}}{\sin \alpha} \\ &= \frac{3771,47 \text{ kg}}{0,636} + \frac{37063,61 \text{ kg}}{0,771} + \frac{46282,64}{0,636} \\ &= 126702,9351 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Mu = 3569,53 \text{ kg ( Digunakan )}$$

#### a. Sambungan Baut

**Sambungan pada pelat sayap,**

o **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu_{\text{baut}} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 10 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned}
 \phi \text{ Puf} &= 0,95. \text{ Puf} \\
 &= 0,95. \text{ Fy. Agf} \\
 &= 0,95. 2500 \text{ kg/cm}^2. (52,0 \text{ cm}^2) \\
 &= 123500,00 \text{ kg} \\
 \\ 
 \text{Pukc} &= \text{Mu} / (d - 2.t_f) \\
 &= 356953 \text{ kg.cm} / (40 \text{ cm} - 2. 1,3 \text{ cm}) \\
 &= 9544,20 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \text{ Puf} &> \text{Pukc} \\
 123500,00 \text{ kg} &> 9544,20 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.V_n &= 0,75.r1.F_u \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi.R_n &= 0,75.2.4.db.tp.F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 11808 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 11808,00 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{V_u}{\phi.R_n} = \frac{46282,64 \text{ kg}}{11808 \text{ kg}} = 3,92 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 8,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi P_{uf}}{n} = \frac{123500,00 \text{ kg}}{16,00} = 7718,75 \text{ kg} < 11808,00 \text{ kg ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 156 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 10 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 15 mm.

$$V_u = 126702,9351 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut. } A \text{ baut. } m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2.4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,00 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11808 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}Mu_{\text{total}} &= Mu + (Vu \times e) \\ &= 3569,53 \text{ kg.m} + (126702,9 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\ &= 28910,11703 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$.n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memikul beban  $Mu$  dan  $Pu$  sehingga  $Ru$  direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai  $Ru$  dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned}Ru &= 0,7. 1,2. 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg}\end{aligned}$$

.n =  $\sqrt{\frac{6x28910,11703kg.cm}{6x7860,66kg}}$

= 1,92buah ~ 16 buah

(Digunakan 8,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$\Sigma x^2 + y^2 = 2 \times 2888 \text{ cm}^2$

= 5776 cm<sup>2</sup>

Akibat Vu,

Kuv = Vu / n

= 126702,9351kg / 16

= 7918,933447kg

Akibat M total

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\
 &= \frac{2891011,703 \text{ kg.cm}}{5776 \text{ cm}^2} \\
 &= 500,5214167 \text{ kg} < 11808 \text{ kg ( OK )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\
 &= 22 \text{ mm s/d 96 mm atau 150 mm} \\
 &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d 192 mm atau 305 mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

**b. Sambungan Las Sudut Bresing dengan Balok**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Ketebalan las minimum, a} &= 5 \text{ mm} \\
 \text{Tebal las rencana, w} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Tebal efektif las sudut, te} &= 0,707 \times a \\
 &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\
 &= 3,535 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

$$\begin{aligned}
 &\text{Menghitung panjang las total,} \\
 \text{Lwe} &= (2 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 656 \text{ mm}) \\
 &= 1712 \text{ mm} \\
 &= 171,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Awe} = (0,707 \times w) \cdot \text{Lwe}$$

$$= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}). 171,2 \text{ cm}$$

$$= 121,0384 \text{ cm}^2$$

Kuat nominal las sudut :

$$\phi R_{nw} = 0,75. t \text{ rencana } (0,6. F_u w)$$

$$= 0,75. 1,0 \text{ cm}. 0,6. 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3164,85 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$L = 8 \text{ m} / 2 = 4 \text{ m}$$

$$t = 3,3 \text{ m}$$

$$m = \sqrt{L^2 + t^2}$$

$$= \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (3,3 \text{ m})^2}$$

$$= 5,19 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = 4 \text{ m} / 5,19 \text{ m}$$

$$= 0,77$$

$$\sin \alpha = 3,3 \text{ m} / 5,19 \text{ m}$$

$$= 0,64$$

$$\sin \alpha . Pu = 0,77 \times 38268,25 \text{ kg} = 29519,11 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha . Pu = 0,64 \times 38268,25 \text{ kg} = 24353,26 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha . Pu}{A_w} = \frac{24353,26 \text{ kg}}{(121,0384 \text{ cm})^2} = 201,20 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha . Pu}{A_w} = \frac{29519,11 \text{ kg}}{(121,0384 \text{ cm})^2} = 243,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \sqrt{(\sum F_h)^2 + (\sum F_v)^2}$$

$$= \sqrt{(201,20 \text{ kg/cm}^2)^2 + (243,88 \text{ kg/cm}^2)^2}$$

$$= 316,17 \text{ kg/cm}^2$$



○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} te &= F \text{ total} / \phi R_{nw} \\ &= 316,17 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 20 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= te / 0,707 \\ &= 0,10 \text{ cm} / 0,707 \\ &= 0,14 \text{ cm} < a_{\min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 0,8 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 171 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 16 \text{ mm}$   
 $= 8 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1 \text{ cm} \cdot (171,2 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \\ &= 96,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\begin{aligned} \beta &= 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t) \\ &= 1,2 - 0,002 \cdot (171,2 \text{ cm} / 1 \text{ cm}) \\ &= 0,86 < 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 96,85 \text{ cm}^2 \\
 &= 306500,9893 \text{ kg} > (P_u = 46282,64 \text{ kg}) \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 8.3.1.4 Sambungan Bresing WF 390x300x10x16 dengan Kolom

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Kolom : KC 588x300x1x20

Bresing : WF 390 x 300 x 10 x 16

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$$P_u \text{ tekan (Output SAP)} = 46282,64 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik (Output SAP)} = 38268,25 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 R_y \cdot F_y \cdot A_g &= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 84,12 \text{ cm}^2 \\
 &= 315450 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 72221,44 kg

} Kuat perlu

$$V_{u\_bresing} = 169,65 \text{ kg}$$

$$M_{u\_kolom} = 7628,36 \text{ kg}$$

$$V_{u\_kolom} = 3525,23 \text{ kg}$$

$$P_{u\_kolom} = 542816,38 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{V_{u\_kolom}}{\sin \alpha} + \frac{P_{u\_kolom}}{\cos \alpha} + \frac{V_{u\_breing}}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{3525,23kg}{0,636} + \frac{542816,38kg}{0,771} + \frac{169,65}{0,636}$$

$$= 709507,37kg$$

$$Mu_w = \frac{1/12 \cdot t_w \cdot h w^3}{I_x} \cdot Mu$$

$$= \frac{1/12 \cdot 1,0cm \cdot (3cm)^3}{23700cm^4} \cdot 762836kg \cdot cm$$

$$= 322019,97 \text{ kg} \cdot cm$$

$$Mu_f = Mu_{\text{kolom}} - Mu_w$$

$$= 762836kg \cdot cm - 112255,18kg \cdot cm$$

$$= 650580,82 \text{ kg} \cdot cm$$

$$Mu = 6505,8082kg \cdot m \text{ (Digunakan)}$$

#### a. Sambungan Baut

##### **Sambungan pada pelat sayap,**

##### ○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$Fu \text{ baut} = 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 7949,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 794,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 12 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Luas penampang baut, } A = 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2$$

$$= 3,14 \text{ cm}^2$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_u f \\ &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_g f \\ &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (52 \text{ cm}^2) \\ &= 123500,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{uc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\ &= 650580,82 \text{ kg} \cdot \text{cm} / (40 \text{ cm} - 2 \cdot 1,3 \text{ cm}) \\ &= 17395,21 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &> P_{uc} \\ 123500,00 \text{ kg} &> 17395,21 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17712 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 17712 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Rn} = \frac{46282,64 \text{ kg}}{17712 \text{ kg}} = 2,61 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 8 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi P_{uf}}{n} = \frac{123500,00 \text{ kg}}{16,00} = 7718,75 \text{ kg} < 17712,00 \text{ kg} \text{ ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 288 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat, } t_p &= 0,5 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \phi &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

Gaya geser yang bekerja :

$$V_u = 46282,64 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11808,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{total}} &= \mu_u + (V_u \times e) \\ &= 6505,808223 \text{ kg.m} + (46282,64 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\ &= 15762,33622 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot \mu_u}{\mu \cdot R_u}}$$

Sambungan memikul beban  $\mu_u$  dan  $P_u$  sehingga  $R_u$  direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai  $R_u$  dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned} Ru &= 0,7. 1,2. 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6x15762,33622kg.cm}{6x7860,664539kg}}$$

$$= 1,42 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\begin{aligned} \Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 2888 \text{ cm}^2 \\ &= 11060 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat Vu,

$$\begin{aligned} Kuv &= Vu / n \\ &= 46282,64 \text{ kg} / 16 \end{aligned}$$

$$= 2892,665 \text{ kg}$$

Akibat M total

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\ &= \frac{1576233,622 \text{ kg.cm}}{5776 \text{ cm}^2} \\ &= 272,89363 \text{ kg} < 9357,93 \text{ kg ( OK )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 96 mm atau 150 mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 192 mm atau 305 mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b. Sambungan Las Sudut Bresing dengan Kolom**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan las minimum, a} &= 5 \text{ mm} \\ \text{Tebal las rencana, w} &= 10 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif las sudut, te} &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\ &= 3,535 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

$$\begin{aligned} &\text{Menghitung panjang las total,} \\ \text{Lwe} &= (2 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 505 \text{ mm}) \\ &= 1410 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$= 141 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \cdot L_{we} \\ &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 141 \text{ cm} \\ &= 99,687 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot t \text{ rencana} (0,6 \cdot F_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$\begin{aligned} L &= 8 \text{ m} / 2 &= 4 \text{ m} \\ t &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{L^2 + t^2} \\ &= \sqrt{(3,25 \text{ m})^2 + (3,3 \text{ m})^2} \\ &= 5,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 4 \text{ m} / 5,19 \text{ m} \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 3,3 \text{ m} / 5,19 \text{ m} \\ &= 0,64 \end{aligned}$$

$$\sin \alpha \cdot P_u = 0,77 \times 38268,25 \text{ kg} = 24353,26 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot P_u = 0,64 \times 38268,25 \text{ kg} = 29519,11 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{24353,26 \text{ kg}}{(99,687 \text{ cm})^2} = 244,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{29519,11 \text{ kg}}{(99,687 \text{ cm})^2} = 296,12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{total}} &= \sqrt{(\sum F_h)^2 + (\sum F_v)^2} \\
 &= \sqrt{(244,30 \text{ kg/cm}^2)^2 + (296,12 \text{ kg/cm}^2)^2} \\
 &= 383,88 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned}
 t_e &= F_{\text{total}} / \phi R_{nw} \\
 &= 383,88 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 20 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned}
 a &= t_e / 0,707 \\
 &= 0,12 \text{ cm} / 0,707 \\
 &= 0,17 \text{ cm} < a_{\min}
 \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 1,2 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 141,0 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 12 \text{ mm}$   
 $= 9 \text{ mm} \sim 12 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{1 \text{ cm} \cdot (141 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \\
 &= 99,7 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx}(1,0 + 0,5 \sin^{(1,5)} \theta) \\
 &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{(1,5)} 0^\circ) \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \text{h}
 \end{aligned}$$

o **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\begin{aligned}\beta &= 1,2 - 0,002.(L_{we} / t) \\ &= 1,2 - 0,002.(141 \text{ cm} / 1 \text{ cm}) \\ &= 0,92 < 1 \text{ ( OK )}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0,75. F_{nw}. A_{we} \\ &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 99,70 \text{ cm}^2 \\ &= 315542,05 \text{ kg} > (P_u = 46282,64 \text{ kg}) \\ &\text{( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

### 8.3.2 Sambungan Bresing Y

#### 8.3.2.1 Bresing WF 390x300x10x16 dengan Balok

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk : H 450x300x12x22

Bresing : WF 390x300x10x16

Data profil bresing :

WF 390.300.10.16													
G	h	b	tw	tf	r	A	I <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	S <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	bf/2.tf
107	390	300	10	16	22	136	38700	16,9	7210	7,28	1985	481	9,375
kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

Pu tekan (Output SAP) = 88359,34kg

Pu tarik (Output SAP) = 67871,18kg

} Kuat perlu

$$\begin{aligned} R_y. F_y. A_g &= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 136,00 \text{ cm}^2 \\ &= 67871,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 510000kg

$$Mu_{\text{balok}} = 11375,71 \text{ kg}$$

$$Vu_{\text{balok}} = 12791,49 \text{ kg}$$

$$Pu_{\text{balok}} = 67880,85 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{Vu_{\text{balok}}}{\sin \alpha} + \frac{Pu_{\text{balok}}}{\cos \alpha} + \frac{Pu_{\text{breing}}}{\sin \alpha} \\ &= \frac{12791,49 \text{ kg}}{0,664} + \frac{67880,85 \text{ kg}}{0,747} + \frac{88359,34}{0,664} \\ &= 243073,6803 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Mu = 11375,71 \text{ kg ( Digunakan )}$$

#### a. Sambungan Baut

##### Sambungan pada pelat sayap,

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} Fu_{\text{baut}} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 10 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_l = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

##### ○ Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :

$$\begin{aligned}
 \phi Puf &= 0,95. Puf \\
 &= 0,95. Fy. Agf \\
 &= 0,95. 2500 \text{ kg/cm}^2. (96 \text{ cm}^2) \\
 &= 228000,00\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pukc &= Mu / (d - 2.tf) \\
 &= 1137571\text{kg.cm} / (39 \text{ cm} - 2. 1,6 \text{ cm}) \\
 &= 31775,73\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Puf &> Pukc \\
 228000,00 \text{ kg} &> 31775,73\text{kg} \text{ ( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut.} A \text{ baut. } m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\
 &= 18715,87 \text{ kg ( Tidak menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1\text{cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 14760 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 14760,00kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi Rn} = \frac{88359,34\text{kg}}{13320\text{kg}} = 6,63\text{buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi P_{uf}}{n} = \frac{228000,00 \text{ kg}}{20,00} = 11400,00 \text{ kg} < 14760,0 \text{ kg (OK)}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 15 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \varnothing = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 15 mm.

$$V_u = 243073,6803 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,00 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}Mu_{\text{total}} &= Mu + (Vu \times e) \\ &= 11375,71 \text{ kg.m} + (243073,7 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\ &= 58775,07765 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$.n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memikul beban  $Mu$  dan  $Pu$  sehingga  $Ru$  direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai  $Ru$  dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned}Ru &= 0,7. 1,2. 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6 \times 58775,07765 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,664539 \text{ kg}}}$$

= 2,73buah ~ 20 buah  
 (Digunakan 10,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 553000 \\ &= 1106000\end{aligned}$$

Akibat  $V_u$ ,  
 $K_{uv} = V_u / n$



$$= 243073,6803 \text{ kg} / 20$$

$$= 12153,68401 \text{ kg}$$

Akibat M total

$$Q = \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)}$$

$$= \frac{5877507,765 \text{ kg.cm}}{11060 \text{ cm}^2}$$

$$= 531,4202319 \text{ kg} < 14760 \text{ kg ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm}$$

$$= 22 \text{ mm s/d 120 mm atau 150 mm}$$

$$= 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut (S)} = 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm}$$

$$= 60 \text{ mm s/d 240 mm atau 305 mm}$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi panjang siku} = (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm})$$

$$= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm ( Digunakan )}$$

**b.Sambungan Las Sudut Bresing dengan Balok**

○ **Data perencanaan las :**

$$\text{Tebal pelat} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Ketebalan las minimum, a} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal las rencana, w} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif las sudut, te} = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 5 \text{ mm}$$

$$= 3,535 \text{ mm}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

$$\text{Menghitung panjang las total,}$$

$$\text{Lwe} = (2 \times 300 \text{ mm}) + (2 \times 529 \text{ mm})$$

$$= 1658 \text{ mm}$$

$$= 165,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \cdot L_{we} \\ &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 165,8 \text{ cm} \\ &= 117,2206 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot t \text{ rencana} (0,6 \cdot f_u w) \\ &= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$L = 9 \text{ m} / 2 = 4,5 \text{ m}$$

$$t = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{L^2 + t^2} \\ &= \sqrt{(4,5 \text{ m})^2 + (4 \text{ m})^2} \\ &= 5,19 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 4 \text{ m} / 5,19 \text{ m} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 4 \text{ m} / 5,19 \text{ m} \\ &= 0,66 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\sin \alpha \cdot P_u = 0,66 \times 67871,18 \text{ kg} = 45091,16 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot P_u = 0,75 \times 67871,18 \text{ kg} = 50727,55 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{45091,16 \text{ kg}}{(117,2206 \text{ cm})^2} = 384,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{50727,55 \text{ kg}}{(117,2206 \text{ cm})^2} = 432,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma F_h)^2 + (\Sigma F_v)^2} \\ &= \sqrt{(384,67 \text{ kg/cm}^2)^2 + (432,75 \text{ kg/cm}^2)^2} \\ &= 579,00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} t_e &= F_{\text{total}} / \phi R_{nw} \\ &= 579,00 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,18 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 20 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= t_e / 0,707 \\ &= 0,18 \text{ cm} / 0,707 \\ &= 0,26 \text{ cm} < a_{\min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 0,8 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 166 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 16 \text{ mm}$   
 $= 0,8 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1 \text{ cm} \cdot (165,8 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \\ &= 117 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx}(1,0 + 0,5\sin(^1,5)\theta) \\
 &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5\sin(^1,5)0^\circ) \\
 &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

o **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\begin{aligned}
 \beta &= 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t) \\
 &= 1,2 - 0,002 \cdot (165,8 \text{ cm} / 1 \text{ cm}) \\
 &= 0,79 < 1 \text{ ( OK )}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 93,79 \text{ cm}^2 \\
 &= 296833,3179 \text{ kg} > (P_u = 88359,34 \text{ kg}) \\
 &\text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 8.3.2.2 Sambungan Bresing WF 390x300x10x16 dengan Kolom

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Kolom : KC 588x300x1x20

Bresing : WF 390 x 300 x 10 x 16

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisis yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$$\begin{array}{ll}
 P_u \text{ tekan (Output SAP)} &= 88359,34 \text{ kg} \\
 P_u \text{ tarik (Output SAP)} &= 67871,18 \text{ kg} \\
 R_y \cdot F_y \cdot A_g &= 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 136,0 \text{ cm}^2 \\
 &= 510000 \text{ kg}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_u \text{ tekan} \\ P_u \text{ tarik} \\ R_y \cdot F_y \cdot A_g \end{array}} \right\} \text{Kuat perlu}$$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 72221,44 kg

$$V_u_{\text{bresing}} = 354,028 \text{ kg}$$

$$M_u_{\text{kolom}} = 7691,59 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u_{\text{kolom}} &= 2649,88 \text{ kg} \\ P_u_{\text{kolom}} &= 853314,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{V_u_{\text{kolom}}}{\sin \alpha} + \frac{P_u_{\text{kolom}}}{\cos \alpha} + \frac{V_u_{\text{breiing}}}{\sin \alpha} \\ &= \frac{2649,88 \text{ kg}}{0,664} + \frac{853314,89 \text{ kg}}{0,747} + \frac{354,02}{0,664} \\ &= 1247057,91146218,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uw} &= \frac{1/12 \cdot t_w \cdot h_w^3}{I_x} \cdot M_u \\ &= \frac{1/12 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot (35,8 \text{ cm})^3}{38700 \text{ cm}^4} \cdot 769159 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\ &= 75992,90 \text{ kg} \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uf} &= M_{u_{\text{kolom}}} - M_{uw} \\ &= 769159 \text{ kg} \cdot \text{cm} - 75992,90 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\ &= 693166,10 \text{ kg} \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

$$M_u = 6931,661 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ (Digunakan)}$$

### a. Sambungan Baut

#### Sambungan pada pelat sayap,

##### o Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 12 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

Diameter baut,  $\varnothing$  = 20 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_{uf} \\ &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (96,0 \text{ cm}^2) \\ &= 228000 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{uc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\ &= 693166,10 \text{ kg} \cdot \text{cm} / (39 \text{ cm} - 2 \cdot 1,6 \text{ cm}) \\ &= 19362,18 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &> P_{uc} \\ 228000 \text{ kg} &> 19362,18 \text{ kg} \quad (\text{OK Memenuhi})\end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot d \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14760,00 \text{ kg} \quad (\text{Menentukan})\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 14760,00 kg.

- **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Rn} = \frac{88359,34 \text{ kg}}{14760 \text{ kg}} = 5,99 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi Puf}{n} = \frac{228000,00 \text{ kg}}{20} = 11400 \text{ kg} < 14760,00 \text{ kg} \text{ ( OK )}$$

- **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

### **Sambungan pada pelat badan,**

- **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 15 \text{ mm (tebal terkecil)}$$

$$\text{Diameter baut, } \phi = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \end{aligned}$$

$$= 3,14 \text{ cm}^2$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

Gaya geser yang bekerja :

$$Vu = 88359,34 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi.Vn &= 0,75.r1.Fu \text{ baut}.A \text{ baut}.m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= 0,75.2,4.db.tp.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 1,0 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14760,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}Mu_{\text{total}} &= Mu + (Vu \times e) \\ &= 6931,66104 \text{ kg.m} + (88359,34 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\ &= 24161,73234 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$



Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned} Ru &= 0,7 \cdot 1,2 \cdot 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6 \times 45406,33 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,66 \text{ kg}}}$$

$$= 1,75 \text{ buah} \sim 20 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\Sigma x^2 + y^2 = 2 \times 5530 \text{ cm}^2$$

$$= 11060 \text{ cm}^2$$

Akibat  $V_u$ ,

$$\begin{aligned} K_{uv} &= V_u / n \\ &= 88359,34 \text{ kg} / 20 \\ &= 4111,13 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat  $M$  total

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\ &= \frac{2416173,234 \text{ kg.cm}}{11060 \text{ cm}^2} \\ &= 410,55 \text{ kg} < 9357,93 \text{ kg ( OK )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d 12.tp atau 150 mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d 120 mm atau 150 mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d 24 tp atau 305 mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d 240 mm atau 305 mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b.Sambungan Las Sudut Bresing dengan Kolom**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan las minimum, a} &= 5 \text{ mm} \\ \text{Tebal las rencana, w} &= 10 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif las sudut, te} &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\ &= 3,535 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menggunakan las mutu Fe100xx

○ **Tinjau kekuatan las :**

Menghitung panjang las total,

$$\begin{aligned} L_{we} &= (2 \times 300 \text{ mm}) + (2 \times 497 \text{ mm}) \\ &= 1756 \text{ mm} \\ &= 175,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \cdot L_{we} \\ &= (0,71 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 159,4 \text{ cm} \\ &= 112,6958 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot t \text{ rencana} (0,6 \cdot F_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$\begin{aligned} L &= 9 \text{ m} / 2 &= 4,5 \text{ m} \\ t &= 4,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{L^2 + t^2} \\ &= \sqrt{(4,5 \text{ m})^2 + (4,0 \text{ m})^2} \\ &= 6,02 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 4,5 \text{ m} / 6,02 \text{ m} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 4,0 \text{ m} / 6,02 \text{ m} \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

$$\sin \alpha \cdot P_u = 0,75 \times 67871,18 \text{ kg} = 45091,16 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot P_u = 0,66 \times 67871,18 \text{ kg} = 50727,55 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{CoS\alpha.Pu}{Aw} = \frac{45091,16kg}{(112,6958cm)^2} = 400,11kg/cm^2$$

$$F_v = \frac{Sin\alpha.Pu}{Aw} = \frac{50727,55kg}{(112,6958cm)^2} = 450,13kg/cm^2$$

$$\begin{aligned} F_{total} &= \sqrt{(\Sigma F_h)^2 + (\Sigma F_v)^2} \\ &= \sqrt{(400,11kg/cm^2)^2 + (450,13kg/cm^2)^2} \\ &= 602,25kg/cm^2 \end{aligned}$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} te &= F_{total} / \phi R_{nw} \\ &= 602,25kg/cm^2 / 3164,85 kg/cm^2 \\ &= 0,19 cm \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 16 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{min} = 0,6 cm$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= te / 0,707 \\ &= 0,19 cm / 0,707 \\ &= 0,27 cm < a_{min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 1,2 cm$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 165,8 cm$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 12 mm$   
 $= 9 mm \sim 12 mm$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t.L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1,2cm.(159cm)}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

$$= 124,17 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,5 \sin^{(1,5)} \theta) \\ &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{(1,5)} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\begin{aligned} \beta &= 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t) \\ &= 1,2 - 0,002 \cdot (159 \text{ cm} / 1 \text{ cm}) \\ &= 0,88 < 1 \text{ ( OK )} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 112,71 \text{ cm}^2 \\ &= 356719,17 \text{ kg} > (P_u = 88359,34 \text{ kg}) \\ &\text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

### 8.3.2.3 Bresing WF 400x200x8x13 dengan Balok

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Balok Induk : H 450x300x12x22

Bresing : WF 400x200x8x13

Data profil bresing :

WF 400.200.8.13											
W	=	66	kg/m	r	=	16	mm	hw	=	d-2.(tf+r)	
A	=	84,1	cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub>	=	23700	cm <sup>4</sup>		=	352	mm
d	=	400	mm	I <sub>y</sub>	=	1740	cm <sup>4</sup>	A <sub>w</sub>	=	(d-2.tf).tw	
bf	=	200	mm	i <sub>x</sub>	=	16,79	cm		=	29,9	cm <sup>2</sup>
tw	=	8	mm	i <sub>y</sub>	=	4,55	cm	bf/2	=	7,69	mm
tf	=	13	mm	S <sub>x</sub>	=	1185	cm <sup>3</sup>				

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur

ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

Pu tekan (Output SAP)	= 46282,64kg	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}$	Kuat perlu
Pu tarik (Output SAP)	= 38268,25kg		
Ry. Fy. Ag	= 1,5 x 2500 kg/cm <sup>2</sup> x 84,12		
	= 38268,25kg = 315450 kg		
Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 510000kg			
Mu_balok	= 14364,63kg		
Vu_balok	= 14274,21kg		
Pu_balok	= 61032,56kg		

$$\begin{aligned}
 Vu &= \frac{Vu\_balok}{\sin\alpha} + \frac{Pu\_balok}{\cos\alpha} + \frac{Pu\_breing}{\sin\alpha} \\
 &= \frac{14274,21kg}{0,591} + \frac{61032,56kg}{0,806} + \frac{46282,64}{0,591} \\
 &= 178086,7969kg
 \end{aligned}$$

$$Mu = 14364,63 \text{ kg ( Digunakan )}$$

### a.Sambungan Baut

#### Sambungan pada pelat sayap,

##### ○ Data perencanaan baut :

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
 Fu \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 794,9 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat,  $t_p$  = 10 mm (tebal terkecil)  
 Diameter baut,  $\phi$  = 20 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
 Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_{uf} \\ &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_g f \\ &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (52 \text{ cm}^2) \\ &= 123500,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{ukc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\ &= 1436463 \text{ kg} \cdot \text{cm} / (40 \text{ cm} - 2 \cdot 1,3 \text{ cm}) \\ &= 38408,10 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &> P_{ukc} \\ 123500,00 \text{ kg} &> 38408,10 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg} \text{ ( Tidak menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11808 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**” diambil = 11808,00kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Rn} = \frac{46282,64kg}{11808kg} = 3,92 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 8,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi Puf}{n} = \frac{123500,00kg}{16,00} = 7718,75kg < 11808,00kg \text{ ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

Jarak tepi (S1) = 22 mm s/d 12.tp atau 150 mm  
 = 22 mm s/d 156 mm atau 150 mm  
 = 50 mm

Jarak baut (S) = 3db s/d 24 tp atau 305 mm  
 = 60 mm s/d 192 mm atau 305 mm  
 = 80 mm

Jadi panjang siku = (9 x 80 mm) + (2 x 50 mm)  
 = 820 mm = 82 cm ( **Digunakan** )

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

Fu baut = 113 x 70,33 kg/cm<sup>2</sup>  
 = 7949,29 kg/cm<sup>2</sup>  
 = 794,9 Mpa

Tebal pelat, tp = 15 mm (tebal terkecil)  
 Diameter baut, Ø = 20 mm



$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\
 &= 3,14 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 15 mm.

$$V_u = 178086,797 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\
 &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot F_u \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,00 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 11808 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned}
 Mu_{\text{total}} &= Mu + (V_u \times e) \\
 &= 14364,63 \text{ kg.m} + (178086,8 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\
 &= 49981,98938 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$.n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{\mu \cdot Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned} Ru &= 0,7 \cdot 1,2 \cdot 9357,93 \text{ kg} \\ &= 7860,66 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} .n &= \sqrt{\frac{6 \times 49981,98938 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,664539 \text{ kg}}} \\ &= 2,52 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

(Digunakan 8,00 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\Sigma x^2 + y^2 = 2 \times 2888 \text{ cm}^2$$

$$= 5776 \text{ cm}^2$$

Akibat  $V_u$ ,

$$\begin{aligned} K_{uv} &= V_u / n \\ &= 178086,7969 \text{ kg} / 16 \\ &= 11130,42481 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat  $M$  total

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\ &= \frac{4998198,938 \text{ kg.cm}}{5776 \text{ cm}^2} \\ &= 865,3391514 \text{ kg} < 11808 \text{ kg ( OK )} \end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \\ \text{Jarak baut (S)} &= 3 \cdot d_b \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \\ \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**b.Sambungan Las Sudut Bresing dengan Balok**

○ **Data perencanaan las :**

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat} &= 12 \text{ mm} \\ \text{Ketebalan las minimum, } a &= 5 \text{ mm} \\ \text{Tebal las rencana, } w &= 10 \text{ mm} \\ \text{Tebal efektif las sudut, } t_e &= 0,707 \times a \\ &= 0,707 \times 5 \text{ mm} \\ &= 3,535 \text{ mm} \\ \text{Menggunakan las mutu Fe100xx} \end{aligned}$$

○ **Tinjau kekuatan las :**

Menghitung panjang las total,

$$\begin{aligned} L_{we} &= (2 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 713 \text{ mm}) \\ &= 1826 \text{ mm} \\ &= 182,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0,707 \times w) \cdot L_{we} \\ &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 182,6 \text{ cm} \\ &= 129,0982 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot t \text{ rencana} (0,6 \cdot F_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**

$$\begin{aligned} L &= 9 \text{ m} / 2 &= 4,5 \text{ m} \\ t &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{L^2 + t^2} \\ &= \sqrt{(4,5 \text{ m})^2 + (3,3 \text{ m})^2} \\ &= 5,58 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 4,5 \text{ m} / 5,58 \text{ m} \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 3,3 \text{ m} / 5,58 \text{ m} \\ &= 0,59 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sin \alpha \cdot P_u = 0,59 \times 38268,25 \text{ kg} = 22630,45 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot P_u = 0,81 \times 38268,25 \text{ kg} = 30859,71 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{22630,45 \text{ kg}}{(129,0982 \text{ cm})^2} = 175,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha \cdot P_u}{A_w} = \frac{30859,71 \text{ kg}}{(129,0982 \text{ cm})^2} = 239,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma F_h)^2 + (\Sigma F_v)^2} \\ &= \sqrt{(175,30 \text{ kg/cm}^2)^2 + (239,04 \text{ kg/cm}^2)^2} \\ &= 296,43 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} t_e &= F_{\text{total}} / \phi R_{nw} \\ &= 296,43 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,09 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 20 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= t_e / 0,707 \\ &= 0,09 \text{ cm} / 0,707 \\ &= 0,13 \text{ cm} < a_{\min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 0,8 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 183 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb) =  $0,75 \times 16 \text{ mm}$   
=  $0,8 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1 \text{ cm} \cdot (182,6 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \\ &= 129 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_{nw} = 0,6 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta)$$

$$= 0,6. (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin(^1,5)0^\circ)$$

$$= 4219,8 \text{ kg/cm}^2$$

o **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\beta = 1,2 - 0,002.(L_{we} / t)$$

$$\beta = 1,2 - 0,002.(182,6 \text{ cm} / 1 \text{ cm})$$

$$= 0,83 < 1 \text{ ( OK )}$$

$$\phi R_{nv} = 0,75. F_{nw}. A_{we}$$

$$= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 103,29 \text{ cm}^2$$

$$= 326910,5178 \text{ kg} > (P_u = 46282,64 \text{ kg})$$

**( OK Memenuhi )**

#### 8.3.2.4 Sambungan Bresing WF 400x200x8x13 dengan Kolom

Profil yang digunakan adalah sebagai berikut,

Kolom : KC 588x300x1x20

Bresing : WF 400x200x8x13

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing. Kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisi yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$P_u \text{ tekan (Output SAP)} = 50766,81 \text{ kg}$

$P_u \text{ tarik (Output SAP)} = 52394,81 \text{ kg}$

$R_y. F_y. A_g = 1,5 \times 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 84,12 \text{ cm}^2$   
 $= 315450 \text{ kg}$

Kuat tarik perlu yang digunakan adalah 52394,81 kg

} Kuat perlu

$$\begin{aligned}
V_{u\_bresing} &= 579,59\text{kg} \\
M_{u\_kolom} &= 35851,58\text{kg} \\
V_{u\_kolom} &= 21001,72\text{kg} \\
P_{u\_kolom} &= 614777,74\text{kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_u &= \frac{V_{u\_kolom}}{\sin\alpha} + \frac{P_{u\_kolom}}{\cos\alpha} + \frac{V_{u\_breing}}{\sin\alpha} \\
&= \frac{21001,72\text{kg}}{0,591} + \frac{614777,74\text{kg}}{0,806} + \frac{579,59}{0,591} \\
&= 798862,61\text{kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{uw} &= \frac{1/12 \cdot t_w \cdot h_w^3}{I_x} \cdot x M_u \\
&= \frac{1/12 \cdot 0,8\text{cm} \cdot (37,4\text{cm})^3}{23700\text{cm}^4} \cdot x 3585158\text{kg.cm} \\
&= 527574,14\text{kg.cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{uf} &= M_{u\_kolom} - M_{uw} \\
&= 3585158\text{kg.cm} - 527574,14\text{kg.cm} \\
&= 3057583,86\text{kg.cm}
\end{aligned}$$

$$M_u = 30575,839\text{kg.m (Digunakan)}$$

### a.Sambungan Baut

**Sambungan pada pelat sayap,**

o **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned}
F_u \text{ baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
&= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\
&= 794,9 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal pelat, } t_p &= 12 \text{ mm (tebal terkecil)} \\ \text{Diameter baut, } \varnothing &= 20 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

○ **Kontrol pelat tumpu dengan kuat profil :**

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_{uf} \\ &= 0,95 \cdot F_y \cdot A_g \\ &= 0,95 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot (52 \text{ cm}^2) \\ &= 123500,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{uc} &= M_u / (d - 2 \cdot t_f) \\ &= 3057583,86 \text{ kg} \cdot \text{cm} / (40 \text{ cm} - 2 \cdot 1,3 \text{ cm}) \\ &= 81753,58 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_{uf} &> P_{uc} \\ 123500,00 \text{ kg} &> 81753,58 \text{ kg} \text{ ( OK Memenuhi )}\end{aligned}$$

○ **Kontrol sambungan pada sayap bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 2 \\ &= 18715,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11808 \text{ kg} \text{ ( Menentukan )}\end{aligned}$$



Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Tumpu**”  
diambil = 11808,00 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

$$n = \frac{Vu}{\phi \cdot Rn} = \frac{50766,81kg}{11808kg} = 4,30 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 8 baut tiap baris, dalam 2 baris)

$$\frac{\phi P_{uf}}{n} = \frac{123500,00kg}{16} = 7718,75 \text{ kg} < 11808,00kg \text{ ( OK )}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 156 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot t_p \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 192 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\ &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )} \end{aligned}$$

**Sambungan pada pelat badan,**

○ **Data perencanaan baut :**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi (1 ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>).

$$\begin{aligned} \text{Fu baut} &= 113 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7949,29 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 794,9 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tebal pelat,  $t_p$  = 10 mm (tebal terkecil)

Diameter baut,  $\varnothing$  = 20 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,0 \text{ cm})^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak terdapat ulir sehingga  $r_1 = 0,5$ .  
Tebal pelat buhul direncanakan 20 mm.

Gaya geser yang bekerja :

$$V_u = 50766,81 \text{ kg}$$

○ **Kontrol sambungan pada badan bresing :**

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot F_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 7947,3 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 9357,93 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot F_u \cdot \text{profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11808,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**”  
diambil = 9357,93 kg.

○ **Jumlah baut yang dibutuhkan adalah :**

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$M_{u\_total} = M_u + (V_u \times e)$$

$$\begin{aligned}
 &= 30575,83858 \text{ kg.m} + (50766,81 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m}) \\
 &= 40729,20058 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi,  $\phi = 0,7$ . Susunan baut lebih dari 1 maka nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2.

$$\begin{aligned}
 Ru &= 0,7 \cdot 1,2 \cdot 9357,93 \text{ kg} \\
 &= 7860,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$.n = \sqrt{\frac{6 \times 40729,20058 \text{ kg.cm}}{6 \times 7860,664539 \text{ kg}}}$$

$$= 2,28 \text{ buah} \sim 16 \text{ buah}$$

(Digunakan 10 baut tiap baris, dalam 2 baris)

○ **Kontrol sambungan :**

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	360	2500	129600	132100
2	-50	280	2500	78400	80900
3	-50	200	2500	40000	42500
4	-50	120	2500	14400	16900
5	-50	40	2500	1600	4100
6	-50	-40	2500	1600	4100
7	-50	-120	2500	14400	16900
8	-50	-200	2500	40000	42500
9	-50	-280	2500	78400	80900
10	-50	-360	2500	129600	132100
$\Sigma x^2 + y^2$					553000

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 2888\text{cm}^2 \\ &= 5776 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Akibat Vu,

$$\begin{aligned}\text{Kuv} &= Vu / n \\ &= 50766,81\text{kg} / 16 \\ &= 3172,925625\text{kg}\end{aligned}$$

Akibat M total

$$\begin{aligned}Q &= \frac{Mu}{\Sigma(x^2 + y^2)} \\ &= \frac{4072920,058\text{kg.cm}}{5776\text{cm}^2} \\ &= 705,14544\text{kg} < 9357,93 \text{ kg ( OK )}\end{aligned}$$

○ **Kontrol jarak baut :**

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12.\text{tp atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 240 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \text{Jadi panjang siku} &= (9 \times 80 \text{ mm}) + (2 \times 50 \text{ mm}) \\
 &= 820 \text{ mm} = 82 \text{ cm ( Digunakan )}
 \end{aligned}$$

### **b.Sambungan Las Sudut Bresing dengan Kolom**

- **Data perencanaan las :**
  - Tebal pelat  $= 12 \text{ mm}$
  - Ketebalan las minimum,  $a = 5 \text{ mm}$
  - Tebal las rencana,  $w = 10 \text{ mm}$
  - Tebal efektif las sudut,  $t_e = 0,707 \times a$   
 $= 0,707 \times 5 \text{ mm}$   
 $= 3,535 \text{ mm}$

Menggunakan las mutu Fe100xx

- **Tinjau kekuatan las :**
  - Menghitung panjang las total,
  - $L_{we} = (2 \times 200 \text{ mm}) + (2 \times 483 \text{ mm})$   
 $= 1366 \text{ mm}$   
 $= 136,6 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= (0,707 \times w) \cdot L_{we} \\
 &= (0,707 \times 1,0 \text{ cm}) \cdot 136,6 \text{ cm} \\
 &= 96,5762 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal las sudut :

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot t \text{ rencana} (0,6 \cdot F_{uw}) \\
 &= 0,75 \cdot 1,0 \text{ cm} \cdot 0,6 \cdot 100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- **Tegangan yang terjadi pada las sudut :**
  - $L = 9 \text{ m} / 2 = 4,5 \text{ m}$

$$t = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} m &= \sqrt{L^2 + t^2} \\ &= \sqrt{(4,5 \text{ m})^2 + (3,3 \text{ m})^2} \\ &= 5,58 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 4,5 \text{ m} / 5,58 \text{ m} \\ &= 0,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 3,3 \text{ m} / 5,58 \text{ m} \\ &= 0,59 \end{aligned}$$

$$\sin \alpha \cdot Pu = 0,59 \times 52394,81 \text{ kg} = 30984,39 \text{ kg}$$

$$\cos \alpha \cdot Pu = 0,81 \times 52394,81 \text{ kg} = 42251,44 \text{ kg}$$

$$F_h = \frac{\cos \alpha \cdot Pu}{A_w} = \frac{30984,39 \text{ kg}}{(96,5762 \text{ cm})^2} = 320,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{\sin \alpha \cdot Pu}{A_w} = \frac{42251,44 \text{ kg}}{(96,5762 \text{ cm})^2} = 437,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma F_h)^2 + (\Sigma F_v)^2} \\ &= \sqrt{(320,83 \text{ kg/cm}^2)^2 + (437,49 \text{ kg/cm}^2)^2} \\ &= 542,52 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Tebal efektif las sudut :**

$$\begin{aligned} t_e &= F_{\text{total}} / \phi R_{nw} \\ &= 542,52 \text{ kg/cm}^2 / 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tebal pelat yang paling tebal adalah 16 mm maka tebal las sudut minimum adalah,  $a_{\min} = 0,6 \text{ cm}$ . (SNI 1729 : 2015 pasal J.2.2b tabel J2.4).

$$\begin{aligned} a &= t_e / 0,707 \\ &= 0,17 \text{ cm} / 0,707 \\ &= 0,24 \text{ cm} < a_{\min} \end{aligned}$$

Maka : dipakai  $a = 1,2 \text{ cm}$

Panjang total pengelasan,  $L_{we} = 165,8 \text{ cm}$

Tebal las sudut, (Blodge, 1976  $\pm 75\%$  tb)  $= 0,75 \times 12 \text{ mm}$   
 $= 9 \text{ mm} \sim 12 \text{ mm}$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= \frac{t \cdot L_{we}}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1 \text{ cm} \cdot (137 \text{ cm})}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

$$= 124,17 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0,6 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} \theta) \\ &= 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) + (1,0 + 0,5 \sin^{1,5} 0^\circ) \\ &= 4219,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

○ **Kontrol rasio panjang las dengan tebal las :**

$$\beta = 1,2 - 0,002 \cdot (L_{we} / t)$$

$$\begin{aligned} \beta &= 1,2 - 0,002 \cdot (136,6 \text{ cm} / 1 \text{ cm}) \\ &= 0,93 < 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0,75 \cdot F_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 0,75 \times 4219,80 \text{ kg/cm}^2 \times 96,59 \text{ cm}^2 \\ &= 305695,35 \text{ kg} > (P_u = 50766,81 \text{ kg}) \\ &\text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

## 8.4 Sambungan Kolom – Kolom

### 8.4.1 Sambungan Kolom – Kolom 1 (KC 700x300x13x24)

Kolom KingCross : KC 700 x 300 x 13 x 24      A=471  
cm<sup>2</sup>

BJ 37 :  $f_y = 2400$

:  $f_u = 3700$

Berdasarkan output SAP gaya-gaya yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut :

Mux = -40251,45 kg/m      Vux = 22087,89 kg

Muy = -52163,92 kg/m      Vuy = 14493,36 kg

Pu = 1537101,18 kg

Pembagian Beban Momen :

$$\begin{aligned} \text{Mu\_badanx} &= \frac{(tw.d^3)/12}{I_{profil}} \times Mux \\ &= \frac{1/12 \times 1,3 \times 277167,8}{211800} \times 4025145 \\ &= 570637,7091 \quad \textbf{Tidak Menentukan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu\_badany} &= \frac{tw.(d^3)}{12} \times Muy \\ &= \frac{1/12 \times 1,3 \times 277167,8}{211800} \times 5216392 \\ &= 739518,6958 \text{ kg/cm} \quad \textbf{Tidak Menentukan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu\_sayapx} &= Mux - \text{Mu\_badanx} \\ &= 4025145,00 - 570637,7091 \\ &= 3454507,291 \text{ kg/cm} \quad \textbf{Tidak Menentukan} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Mu}_{\text{sayap}} &= M_{ux} - \text{Mu}_{\text{badan}} \\
 &= 5216392,00 - 739518,6958 \\
 &= 4476873,304 \text{ kg/cm} & \textbf{Menentukan} \\
 \text{Mu} &= 4476873,304 \text{ kg/cm} \\
 \text{Pembagian Beban Aksial :} \\
 \text{Pu}_{\text{badan}} &= A_{\text{badan}} / A_{\text{profil}} \times \text{Pu} \\
 &= 84,76 / 471 \times 1537101,18 \\
 &= 276612,237 \text{ kg} \\
 \text{Pu}_{\text{sayap}} &= \text{Pu} - \text{Pu}_{\text{badan}} \\
 &= 1537101,18 - 276612,9427 \\
 &= 1260488,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### **a. Sambungan pada Sayap Kolom**

Kontrol kuat pelat tumpu dengan kuat profil

$$\begin{aligned}
 \phi P_{uf} &= 0,95 \cdot P_{uf} \\
 &= 0,95 \times 1260488 \text{ kg} \\
 &= 1197463,83 \text{ kg} \\
 P_{uc} &= \frac{Mu}{d - 2 \cdot t_f} = \frac{4476873,304}{70 - 2 \cdot 2,4} \\
 &= 68663,70 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{uf} &> P_{uc} \\
 1197463,83 &> 68663,70 & \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat pelat tumpu dengan kuat baut

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi  
(1ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 F_u &= 113 \times 70 \\
 &= 794,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak ada ulir,  $r_l = 0,5$

Tebal pelat,  $t_p = 15 \text{ mm}$

$\varnothing$  baut  $= 24 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{baut}} &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 24^2 \\ &= 4,5216 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,8 \cdot 0,57947 \cdot 29.400 \cdot 4,5216 \\ &= 26950,8498 \text{ kg} \quad \textbf{Tidak Menentukan} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 15 \cdot 4100 \\ &= 26586 \text{ kg} \quad \textbf{Menentukan} \end{aligned}$$

Kuat tumpu 1 baut  $= 26586 \text{ kg}$

Gaya kopel pada sayap,

$$\begin{aligned} T &= \frac{M_u}{d} = \frac{4476873,304 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{70 \text{ cm}} \\ &= 63955,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah gaya total pada sayap,

$$\begin{aligned} T_u &= T + \frac{P_u - \text{sayap}}{4} \\ &= 63955,3329 + \frac{1260488,24}{4} \\ &= 14,066 - 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan,

$$n = \frac{n}{\phi V_n} = \frac{379077,3922}{26950,84985}$$

Kontrol jarak baut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi} &= 22\text{mm s/d } 12 \text{ tp atau } 15\text{mm} \\
 &= 22\text{s/d } 180 \text{ atau } 150\text{mm} \\
 &= 50\text{mm} \\
 \text{Jarak antar baut} &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305\text{mm} \\
 &= 72 \text{ s/d } 360 \text{ atau } 305 \\
 &= 80\text{mm}
 \end{aligned}$$

**b. Sambungan pada badan kolom**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi  
(1ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 F_u &= 113 \times 70 \\
 &= 794,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak ada ulir,  $r_l = 0,5$

$$\text{Tebal pelat, } t_p = 15 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{baut}} &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2 \\
 &= 4,5216 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja :

$$V_u = 22087,89 \text{ kg}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\
 &= 0,8 \cdot 0,5 \cdot 794,29 \cdot 4,5216 \\
 &= 26950,8498 \text{ kg} \quad \textbf{Tidak Menentukan}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,8 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,8 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 40,1 \cdot 3,4100
 \end{aligned}$$

$$= 2305,6 \text{ kg} \quad \textbf{Menentukan}$$

Digunakan kuat tumpu 1 baut = 2305,6 kg

Momen yang bekerja pada titik berat sambungna badan:

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{total}} &= \text{Mu}_{\text{badan}} + (V u.e) \\ &= 570637,7091 + (22087,9.0,35) \\ &= 578368,48 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memilik beban Mu dan Pu sehingga direduksi  $\phi = 0,7$

Susunan baut lebih dari 1, nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2

$$\begin{aligned} \text{Ru} &= 0,7. 1,2 \times 23025,6 \\ &= 19341,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6.(578368,47 \text{ kg})}{6.19341,50 \text{ kg}}} \\ &= 5,5 - 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Kontrol sambungan

Tabel Grup sambungan baut kolom King Cross

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	350	2500	122500	125000
2	-50	250	2500	62500	65000
3	-50	150	2500	22500	25000
4	-50	50	2500	2500	5000
5	-50	-50	2500	2500	5000

6	-50	- 150	2500	22500	25000
7	-50	- 250	2500	62500	65000
8	-50	- 350	2500	122500	125000
$\Sigma x^2 + y^2$					440000

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 4400 \text{ cm}^2 \\ &= 8800 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Akibat Vu

$$\begin{aligned}\text{Kuv1} &= \frac{Vu}{n} = \frac{22087,89\text{kg}}{16} \\ &= 1380,493\text{kg}\end{aligned}$$

Akibat M total

$$\begin{aligned}\text{Kuv2} &= \frac{Mu\_totalx}{\Sigma x^2 + y^2} = \frac{4025145\text{kg}}{8800} \\ &= 457,402\text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{KuH2} &= \frac{Mu\_totaly}{\Sigma x^2 + y^2} = \frac{5216392\text{kg}}{8800} \\ &= 592,772\text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}u \text{ total} &= \sqrt{(Ku_V)^2 + (Ku_H)^2} \\ &= \sqrt{(276612,94 + 457,403)^2 + (592,772)^2} \\ &= 17755,609 < \phi R_n \\ &= 17755,609 < 23025,6 \quad \quad \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi} &= 22\text{mm s/d } 12 \text{ tp atau } 15\text{mm} \\ &= 22\text{s/d } 156 \text{ atau } 150\text{mm} \\ &= 60\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3d \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305\text{mm} \\ &= 72 \text{ s/d } 312 \text{ atau } 305 \\ &= 80\text{mm}\end{aligned}$$

**8.4.2 Sambungan Kolom – Kolom 2 (KC 588x300x12x20)**

$$\begin{aligned}\text{Kolom KingCross} &: \text{KC } 588 \times 300 \times 12 \times 20 \quad A = 385 \text{ cm}^2 \\ \text{BJ } 37 &: f_y = 2400 \\ &: f_u = 3700\end{aligned}$$

Berdasarkan output SAP gaya-gaya yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Mux} &= -7000,92 \text{ kg/m} & \text{Vux} &= 8743,9 \text{ kg} \\ \text{Muy} &= -25676,32 \text{ kg/m} & \text{Vuy} &= 2356,2 \text{ kg} \\ \text{Pu} &= 1222227,14 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pembagian Beban Momen :

$$\begin{aligned}\text{Mu}_{\text{badanx}} &= \frac{(tw \cdot d^3) / 12}{I_{\text{profil}}} \times M_{ux} \\ &= \frac{1 / 12 \times 1,2 \times 164566,6}{211800} \times 700092 \\ &= 54396,485 \quad \textbf{Tidak Menentukan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mu}_{\text{badany}} &= \frac{tw \cdot (d^3)}{12} \times M_{uy} \\ &= \frac{1 / 12 \times 1,2 \times 164566,6}{211800} \times 2567632 \\ &= 199502,5721 \text{ kg/cm} \quad \textbf{Tidak Menentukan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu\_sayapx} &= Mux - \text{Mu\_badanx} \\
 &= 700092,00 - 54396,48467 \\
 &= 645695,515 \text{ kg/cm} \quad \textbf{Tidak Menentukan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mu\_sayapy} &= Mux - \text{Mu\_badany} \\
 &= 2567632,00 - 199502,5721 \\
 &= 2368129,428 \text{ kg/cm} \quad \textbf{Menentukan}
 \end{aligned}$$

$$\text{Mu} = 2368129,428 \text{ kg/cm}$$

Pembagian Beban Aksial :

$$\begin{aligned}
 \text{Pu\_badan} &= \text{Abadan} / \text{AprofilxPu} \\
 &= 65,76 / 385 \times 1222227,14 \\
 &= 208762,7447 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pu\_sayap} &= \text{Pu} - \text{Pu\_badan} \\
 &= 1222227,14 - 208762,7447 \\
 &= 1013464,395 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### **a. Sambungan pada Sayap Kolom**

Kontrol kuat pelat tumpu dengan kuat profil

$$\begin{aligned}
 \phi \text{Puf} &= 0,95 \cdot \text{Puf} \\
 &= 0,95 \times 1013464 \text{ kg} \\
 &= 962791,18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pukc} &= \frac{\text{Mu}}{d - 2 \cdot t_f} = \frac{2368129,428}{59 - 2 \cdot 2} \\
 &= 43214,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi \text{Puf} > \text{Pukc}$$

$$962791,18 > 43214,04 \quad \textbf{OK}$$

Kontrol kuat pelat tumpu dengan kuat baut

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi  
(1ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} F_u &= 113 \times 70 \\ &= 794,29 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Pada bidang geser baut tidak ada ulir,  $r_l = 0,5$

Tebal pelat,  $t_p = 15 \text{ mm}$

$\varnothing$  baut  $= 20 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{\text{baut}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2^2 \\ &= 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 794,29 \cdot 3,14 \cdot 2 \\ &= 18715,868 \text{ kg} \end{aligned} \quad \textbf{Tidak Menentukan}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,015 \cdot 794,29 \\ &= 22140 \text{ kg} \end{aligned} \quad \textbf{Menentukan}$$

Kuat tumpu 1 baut  $= 18715,87 \text{ kg}$

Gaya kopel pada sayap,

$$\begin{aligned} T &= \frac{M_u}{d} = \frac{2368129,428 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{58,8 \text{ cm}} \\ &= 40274,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah gaya total pada sayap,

$$T_u = T + \frac{P_u - \text{sayap}}{4}$$



$$= 40274,31 + \frac{1013464,40}{4}$$

$$= 15,689 - 16 \text{ buah}$$

Jumlah baut yang diperlukan,

$$n = \frac{n}{\phi V n} = \frac{293640,4088}{18715,86795}$$

$$= 15,689 - 16 \text{ buah}$$

Kontrol jarak baut,

Jarak tepi = 22mm s/d 12 tp atau 15mm

= 22s/d 180 atau 150mm

= 50mm

Jarak antar baut = 3d s/d 24 tp atau 305mm

= 72 s/d 360 atau 305

= 80mm

### **b. Sambungan pada badan kolom**

Direncanakan menggunakan baut A 490 dengan mutu 113 ksi  
(1ksi = 70,33 kg/cm<sup>2</sup>)

Fu = 113x70

= 794,29 kg/ cm<sup>2</sup>

Pada bidang geser baut tidak ada ulir, r1 = 0,5

Tebal pelat, tp = 15 mm

Ø baut = 20 mm

Abaut =  $1/4 \cdot \pi \cdot d^2$

= 0,25.3,14.2<sup>2</sup>

= 3,14 cm<sup>2</sup>

Gaya geser yang bekerja :

Vu = 8743,9 kg

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75.r_l.f_u.A_{baut.m} \\ &= 0,75.0,5.7947,29.3,14.2 \\ &= 18715,87 \text{ kg} \quad \textbf{Tidak Menentukan}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,8.2,4.db.tp.f_u \\ &= 0,75.2,4.2,00.1,2.4100 \\ &= 17712 \text{ kg} \quad \textbf{Menentukan}\end{aligned}$$

Digunakan kuat tumpu 1 baut = 17712kg

Momen yang bekerja pada titik berat sambungna badan:

$$\begin{aligned}Mu_{total} &= Mu_{badan} + (Vu.e) \\ &= 54396,48467 + (8743,9.0,29) \\ &= 56967,191 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{\mu.Ru}}$$

Sambungan memilik beban Mu dan Pu sehingga direduksi  $\phi = 0,7$

Susunan baut lebih dari 1, nilai Ru dinaikkan sebesar 1,2

$$\begin{aligned}Ru &= 0,7.1,2 \times 23025,6 \\ &= 19341,51 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \sqrt{\frac{6.56967,19127 \text{ kg}}{6.14878,08 \text{ kg}}}$$

$$= 1,96 - 16 \text{ buah}$$

### Kontrol sambungan

Tabel Grup sambungan baut kolom King Cross

No.	x	y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x <sup>2</sup> + y <sup>2</sup>
1	-50	280	2500	78400	80900
2	-50	200	2500	40000	42500
3	-50	120	2500	14400	16900
4	-50	40	2500	1600	4100
5	-50	-40	2500	1600	4100
6	-50	-	2500	14400	16900
7	-50	-	2500	40000	42500
8	-50	-	2500	78400	80900
$\Sigma x^2 + y^2$					288800

$$\begin{aligned}\Sigma x^2 + y^2 &= 2 \times 2888 \text{ cm}^2 \\ &= 5776 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

### Akibat Vu

$$\begin{aligned}\text{Kuv1} &= \frac{Vu}{n} = \frac{8743,9\text{kg}}{16} \\ &= 546,49 \text{ kg}\end{aligned}$$

### Akibat M total

$$\begin{aligned}\text{Kuv2} &= \frac{Mu_{totalx}}{\Sigma x^2 + y^2} = \frac{700092\text{kg}}{5776} \\ &= 121,207 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ku_H &= \frac{Mu_{totaly}}{\sum x^2 + y^2} = \frac{2567632 \text{ kg}}{5776} \\
 &= 444,534 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_{total} &= \sqrt{(Ku_V)^2 + (Ku_H)^2} \\
 &= \sqrt{(208762,74 + 121,207)^2 + (444,535)^2} \\
 &= 13176,38 < \phi R_n \\
 &= 13176,38 < 17712 \quad \quad \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tepi} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \text{ tp atau } 15 \text{ mm} \\
 &= 22 \text{ s/d } 156 \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm} \\
 \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ d s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 72 \text{ s/d } 312 \text{ atau } 305 \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## 8.5 Sambungan Base Plate

### 8.5.1 Sambungan Base Plate Tipe BP1

Perencanaan base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan, tp = 90 mm. Dari hasil output SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada dasar kolom lantai basement elemen 1022 dengan kombinasi beban (1,2 + 0,2SDS)DL + 1,0E + 1,0LL adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Pu &= 1472566,36 \text{ kg} \\
 Pn &= 2997569,10 \text{ kg} \\
 M2 = My &= 52163,92 \text{ kg.m} \\
 M3 = Mx &= 40251,45 \text{ kg.m} \\
 V2 = Vy &= 14493,66 \text{ kg} \\
 V3 = Vx &= 22087,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{1472566,36 \text{ kg}}{0,75 \times 2997569,10 \text{ kg}} = 0,66 > 0,2$$

Sesuai SNI 1729 : 2015 pasal H1.1a momen ultimate yang bekerja pada base plate adalah sebagai berikut :

$$M_n = M_p = 156219,70 \text{ kg.m}$$

(Merupakan hasil perhitungan kolom komposit tipe K1)

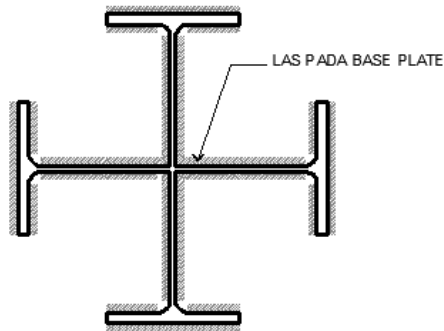
○ **Data Perencanaan**

Direncanakan menggunakan material sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa} = 310 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu angker, } F_u = 410 \text{ Mpa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

○ **Sambungan Las pada End Plate**



Direncanakan sambungan las dengan  $t_e = 1,8$  cm pada daerah yang diarsir profil King Cross 700x300x13x24. Menggunakan mutu las Fe100xx ( $1 \text{ ksi} = 70,33 \text{ kg/cm}^2$ ).

$$\begin{aligned} \text{Profil KC } 700 \times 300 \times 13 \times 24, \quad r &= 28 \text{ mm} \\ y &= H/2 \\ &= 700 \text{ mm} / 2 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= ((4.d)+(4.b)).t_e \\ &= ((4 \times 59,6 \text{ cm}) + (4 \times 30 \text{ cm})) \times 1,8 \text{ cm} \\ &= 645,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= ((2 \times \frac{1}{12} \times 30 \times (1,8)^3) + (1,8 \times 30 \times 29,8^2)) \\ &\quad ((2 \times \frac{1}{12} \times 59,6 \times (1,8)^3) + (1,8 \times 59,6 \times 0,9^2)) \\ &\quad ((2 \times \frac{1}{12} \times 1,8 \times 59,6^3) + (\frac{1}{12} \times 1,8 \times 30^2)) \\ &= 167781,83 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_y &= I_x \text{ (Karena simetris)} \\ &= 167781,83 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$W_x = \frac{I_x}{x} = \frac{167781,83 \text{ cm}^4}{35 \text{ cm}} = 4793,77 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{y} = \frac{167781,83 \text{ cm}^4}{35 \text{ cm}} = 4793,77 \text{ cm}^3$$

$$S = W_x = W_y = 4793,77 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} Fuw &= \phi \cdot 0,6 \cdot Fe100xx \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol teganan las akibat Pu :

$$\begin{aligned} fp &= \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} \\ &= \frac{1472566,36 \text{ kg}}{645,12 \text{ cm}^2} + \frac{5216392 \text{ kg}}{4793,77 \text{ cm}^2} + \frac{4052145 \text{ kg}}{4793,77 \text{ cm}^2} \\ &= 4216,08 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol teganan las akibat Vu :

$$\begin{aligned} fv &= \frac{Vu}{A} + \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} \\ &= \frac{122087,89 \text{ kg}}{645,12 \text{ cm}^2} + \frac{5216392 \text{ kg}}{4793,77 \text{ cm}^2} + \frac{4052145 \text{ kg}}{4793,77 \text{ cm}^2} \\ &= 1967,69 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{fp^2 + fv^2} \\ &= \sqrt{(4216,08 \text{ kg/cm}^2)^2 + (1967,69 \text{ kg/cm}^2)^2} \\ &= 4652,65 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tebal kaki las :

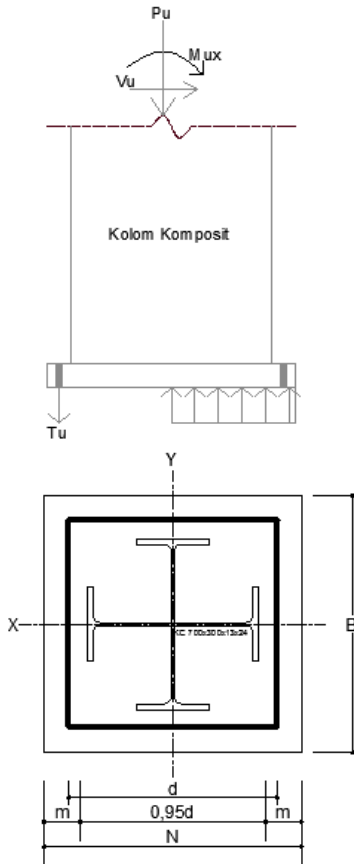
Tebal minimum pelat,  $t_{\text{pelat}} = 0,8 \text{ cm}$  (SNI 1729 : 2015 BAB J Tabel J2.4)

$$\begin{aligned}
 a_{\text{eff max}} &= \frac{1,414 \cdot F_u \cdot t_p}{F_e 100xx} \\
 &= \frac{1,414 \cdot (4100 \text{ kg} / \text{cm}^2) \cdot 2 \text{ cm}}{(100 \times 70,33 \text{ kg} / \text{cm}^2)} \\
 &= 1,64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan las dengan  $a = 1,80 \text{ cm}$

#### ○ Perhitungan Base Plate





Direncanakan menggunakan diameter baut= 19 mm = 0,75 inch

Dimensi base plate = 105 cm x 105 cm

Dimensi kolom komposit (K1) = 85 cm x 85 cm

$$\begin{aligned}
 q_{\max} &= f_p \max \cdot (B) \\
 &= 193,38 \text{ kg/cm}^2 \times 110 \text{ cm} \\
 &= 21271,25 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{kritis}} &= \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 \cdot q_{\max}} \\
 &= \frac{110 \text{ cm}}{2} - \frac{1472566,36 \text{ kg}}{2 \cdot 21271,25 \text{ kg/cm}} \\
 &= 20,39 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{5216392 \text{ kg.cm}}{1472566,36 \text{ kg}} = 3,54 \text{ cm} < 20,392 \text{ cm}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

$$\text{Jika, } f = 48,75 \text{ cm}$$

adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari Y adalah sebagai berikut :

$$Y = \frac{Pu}{q_{\max}} = \frac{1472566,36 \text{ kg}}{21271,25 \text{ kg/cm}} = 69,23 \text{ cm}$$

Sisi Desak :

$$\text{Pelat kantilever, } m = \frac{N - 0,95d}{2}$$

$$= \frac{110\text{cm} - 0,95(85\text{cm})}{2}$$

$$= 14,625 \text{ cm} < Y$$

Perencanaan tebal base plate menggunakan arah dominan dengan momen terbesar (Sumbu X).

Tekanan akibat  $P_u$  :

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.Y} = \frac{1472566,36\text{kg}}{110\text{cm} \times 80,77\text{cm}}$$

$$= 16,56 \text{ kg /cm}^2$$

Tekanan akibat  $M_{ux}$  :

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2}$$

$$= \frac{6 \times 5216392\text{kg.cm}}{110\text{cm} \times (110\text{cm})^2}$$

$$= 23,51 \text{ kg /cm}^2$$

Tekanan maksimal :

$$f_{p \text{ max}} = f_{pa} + f_{pb}$$

$$= 16,56 \text{ kg cm}^2 + 23,51 \text{ kg /cm}^2$$

$$= 42,85 \text{ kg /cm}^2$$

Tekanan yang diterima kolom beton :

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot F_c'$$

$$= 0,65 \times 0,85 \times 350 \text{ kg /cm}^2$$

$$= 193,38 \text{ kg/cm}^2 > (f_{p \text{ max}} = 42,85 \text{ kg /cm}^2)$$

( OK Memenuhi )

Maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah sebagai berikut :

$$t_p \geq 1,5 \text{ m} \sqrt{f_p / F_y}$$

$$t_p \geq 1,5 \cdot 21,75 \text{ mm} \sqrt{(193,38 \text{ kg/cm}^2) / (2500 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$t_p \geq 9,07 \text{ cm}$$

Digunakan pelat landas = 10,0 cm

#### ○ Perhitungan Angkur

Digunakan baut angkur A490, Diameter = 24 mm dengan panjang 20 inch = 50,8 cm.  $F_u = 825 \text{ Mpa}$  (Lundin, 2012).

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (2,4 \text{ cm})^2 \\ &= 4,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_n &= 0,75 \cdot r \cdot l \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 4,52 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 13988,7 \text{ kg ( Menentukan )} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d \cdot b \cdot t_p \cdot F_u \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 177120,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 13988,7 kg.

Jumlah angkur yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} = \frac{22087,89 \text{ kg}}{13988,70 \text{ kg}} = 1,57 \text{ buah} \sim 2 \text{ buah}$$

Digunakan jumlah baut 12 buah untk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi (S1)} = 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 22 \text{ mm s/d } 1200 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 62,5 \text{ mm} \\
 \text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \text{ tp atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm s/d } 2400 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\
 &= 285 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kuat Tumpu pada sambungan :

$$\begin{aligned}
 1,2.Lc &= 1,2 \times (6,25 \text{ cm} - 2,4 \text{ cm} / 2) \\
 &= 6,06 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2,4db &= 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \\
 &= 5,76 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi.Rn &= \phi.1,2.Lc.t.Fu \text{ profil} \leq 2,4.db.t.Fu \text{ profil} \\
 &= 0,75 \times 1,2 \times 6,06 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \leq \\
 &\quad 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 22361,40 \text{ kg} < 236160,00 \text{ kg} \\
 &\quad \text{( OK Memenuhi )}
 \end{aligned}$$

### 8.5.2 Sambungan Base Plate Tipe BP2

Perencanaan base plate digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan, tp = 55 mm. Dari hasil output SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada dasar kolom lantai basement elemen 1022 dengan kombinasi beban (1,32 + 1SDS)DL + 1,3E + 1,0LL adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Pu &= 1228528,57\text{kg} \\
 Pn &= 2330587,15\text{kg} \\
 M2 = My &= 25676,32\text{kg.m} \\
 M3 = Mx &= 7000,92\text{kg.m} \\
 V2 = Vy &= 2356,20\text{kg} \\
 V3 = Vx &= 8743,90\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1228528,57 \text{ kg}}{0,75 \times 2330587,15 \text{ kg}} = 0,7 > 1$$

Sesuai SNI 1729 : 2015 pasal H1.1a momen ultimate yang bekerja pada base plate adalah sebagai berikut :

$$M_n = M_p = 156219,70 \text{ kg.m}$$

(Merupakan hasil perhitungan kolom komposit tipe K1)

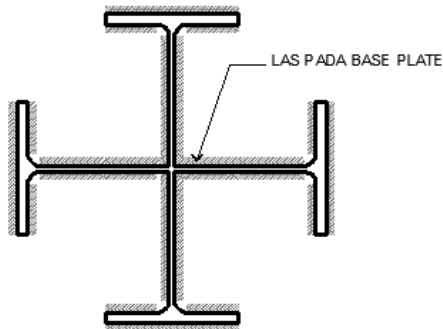
#### ○ **Data Perencanaan**

Direncanakan menggunakan material sebagai berikut :

$$F_c' = 30 \text{ Mpa} = 310 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu angker, } F_u = 410 \text{ Mpa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

#### ○ **Sambungan Las pada End Plate**



Direncanakan sambungan las dengan  $t_e = 1,8 \text{ cm}$  pada daerah yang diarsir profil King Cross 700x300x13x24. Menggunakan mutu las Fe100xx ( $1 \text{ ksi} = 70,33 \text{ kg/cm}^2$ ).

Profil KC 588x300x12x20,  $r = 28 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 y &= H/2 \\
 &= 588 \text{ mm} / 2 \\
 &= 294 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_w &= ((4.d)+(4.b)).t_e \\
 &= ((4 \times 49,2 \text{ cm}) + (4 \times 30 \text{ cm})) \times 1,8 \text{ cm} \\
 &= 570,24 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= ((2 \times 1/12 \times 30 \times (1,8)^3) + (1,8 \times 30 \times 24,6^2)) \\
 &\quad ((2 \times 1/12 \times 49,2 \times (1,8)^3) + (1,8 \times 49,2 \times 0,9^2)) \\
 &\quad ((2 \times 1/12 \times 1,8 \times 49,2^3) + (1/12 \times 1,8 \times 30^2)) \\
 &= 167781,83 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= I_x \text{ (Karena simetris)} \\
 &= 109406,38 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$W_x = \frac{I_x}{x} = \frac{109406,38 \text{ cm}^4}{29,4 \text{ cm}} = 3721,31 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{y} = \frac{109406,38 \text{ cm}^4}{29,4 \text{ cm}} = 3721,31 \text{ cm}^3$$

$$S = W_x = W_y = 3721,31 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 F_{uw} &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{e100xx} \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot (100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 3164,85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat Pu :

$$\begin{aligned}
 fp &= \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{W_x} + \frac{My}{W_y} \\
 &= \frac{1228528,57 \text{ kg}}{570,24 \text{ cm}^2} + \frac{2567632 \text{ kg}}{3721,31 \text{ cm}^2} + \frac{700092 \text{ kg}}{3721,31 \text{ cm}^2}
 \end{aligned}$$

$$= 3032,52 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las akibat  $V_u$  :

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{8743,90 \text{ kg}}{570,24 \text{ cm}^2} + \frac{2567632 \text{ kg}}{3721,31 \text{ cm}^2} + \frac{700092 \text{ kg}}{3721,31 \text{ cm}^2} \\ &= 893,45 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\ &= \sqrt{(3032,52 \text{ kg/cm}^2)^2 + (893,45 \text{ kg/cm}^2)^2} \\ &= 3161,39 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat tebal kaki las :

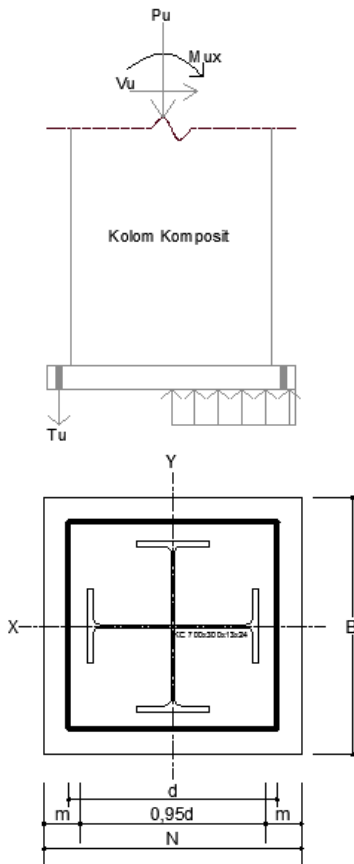
Tebal minimum pelat,  $t_{\text{pelat}} = 0,8 \text{ cm}$  (SNI 1729 : 2015 BAB J Tabel J2.4)

$$\begin{aligned} a_{\text{eff max}} &= \frac{1,414 \cdot F_u \cdot t_p}{F_e 100xx} \\ &= \frac{1,414 \cdot (4100 \text{ kg/cm}^2) \cdot 2 \text{ cm}}{(100 \times 70,33 \text{ kg/cm}^2)} \\ &= 1,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan las dengan  $a = 1,80 \text{ cm}$

#### ○ Perhitungan Base Plate





Direncanakan menggunakan diameter baut= 19 mm = 0,75 inch

Dimensi base plate = 105 cm x 105 cm

Dimensi kolom komposit (K1) = 85 cm x 85 cm

$$\begin{aligned}
 q_{max} &= f_p \max \cdot (B) \\
 &= 165,75 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 16575 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e \text{ kritis} &= \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 \cdot q_{\max}} \\
 &= \frac{100\text{cm}}{2} - \frac{1228528,57\text{kg}}{2 \cdot 16575\text{kg/cm}} \\
 &= 12,94\text{cm}
 \end{aligned}$$

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{2567632\text{kg}\cdot\text{cm}}{1228528,57\text{kg}} = 2,09\text{cm} < 12,94\text{cm}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Jika,  $f = 43,75 \text{ cm}$

adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari  $Y$  adalah sebagai berikut :

$$Y = \frac{Pu}{q_{\max}} = \frac{1228528,57\text{kg}}{16575\text{kg/cm}} = 74,12\text{cm}$$

Sisi Desak :

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat kantilever, m} &= \frac{N - 0,95d}{2} \\
 &= \frac{100\text{cm} - 0,95(59\text{cm})}{2} \\
 &= 22,07\text{cm} < Y
 \end{aligned}$$

Perencanaan tebal base plate menggunakan arah dominan dengan momen terbesar (Sumbu X).

Tekanan akibat  $P_u$  :

$$\begin{aligned} f_{pa} &= \frac{P_u}{B.Y} = \frac{1228528,57 \text{ kg}}{100 \text{ cm} \times 74,12 \text{ cm}} \\ &= 16,56 \text{ kg /cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan akibat  $M_{ux}$  :

$$\begin{aligned} f_{pb} &= \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} \\ &= \frac{6 \times 2567632 \text{ kg.cm}}{100 \text{ cm} (100 \text{ cm})^2} \\ &= 15,41 \text{ kg /cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan maksimal :

$$\begin{aligned} f_{p \text{ max}} &= f_{pa} + f_{pb} \\ &= 16,58 \text{ kg cm}^2 + 15,4 \text{ kg /cm}^2 \\ &= 31,98 \text{ kg /cm}^2 \end{aligned}$$

Tekanan yang diterima kolom beton :

$$\begin{aligned} f_{p \text{ avail}} &= \phi. 0,85. F_c' \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 300 \text{ kg /cm}^2 \\ &= 165,75 \text{ kg/cm}^2 > (f_{p \text{ max}} = 31,98 \text{ kg /cm}^2) \\ &\quad \text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

Maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_p &\geq 1,5 \text{ m} \sqrt{f_p / F_y} \\ t_p &\geq 1,5. 22,07 \text{ mm} \sqrt{(166 \text{ kg/cm}^2) / (2500 \text{ kg/cm}^2)} \\ t_p &\geq 8,52 \text{ cm} \end{aligned}$$

Digunakan pelat landas = 10,0 cm

○ **Perhitungan Angkur**

Digunakan baut angkur A325, Diameter = 1,9 mm dengan panjang 10 inch = 25,4 cm.  $F_u = 825 \text{ Mpa}$  (Lundin, 2012).

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang baut, } A &= 1/4 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (1,9 \text{ cm})^2 \\ &= 2,83 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat geser baut,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r1 \cdot F_u \text{ baut} \cdot A \text{ baut} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 2,83 \text{ cm}^2 \times 1 \\ &= 8767,223 \text{ kg ( Menentukan )}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut,

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,90 \text{ cm} \times 9,00 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 126198 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka : kuat baut yang menentukan adalah “**Kuat Geser**” diambil = 13988,7 kg.

Jumlah angkur yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{8743,90 \text{ kg}}{8767,22 \text{ kg}} = 0,997 \text{ buah} \sim 1 \text{ buah}$$

Digunakan jumlah baut 12 buah untk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi (S1)} &= 22 \text{ mm s/d } 12 \cdot tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm s/d } 1080 \text{ mm atau } 150 \text{ mm} \\ &= 62,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut (S)} &= 3db \text{ s/d } 24 \cdot tp \text{ atau } 305 \text{ mm} \\ &= 250 \text{ mm s/d } 2160 \text{ mm atau } 305 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol Kuat Tumpu pada sambungan :

$$\begin{aligned} 1,2.Lc &= 1,2 \times (6,25 \text{ cm} - 2,4 \text{ cm} / 2) \\ &= 6,06 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2,4db &= 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \\ &= 5,76 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi.Rn &= \phi.1,2.Lc.t.Fu \text{ profil} \leq 2,4.db.t.Fu \text{ profil} \\ &= 0,75 \times 1,2 \times 6,06 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \leq \\ &\quad 2,4 \times 2,4 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 22361,40 \text{ kg} < 236160,00 \text{ kg} \\ &(\text{ OK Memenuhi }) \end{aligned}$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IX**

### **DESAIN STRUKTUR BAWAH**

#### **9.1 Umum**

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya dan bertugas untuk menyalurkan beban yang terjadi pada struktur ke lapisan tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi crucuk, dan pondasi caissons.

#### **9.2 Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini merupakan data tanah yang diambil dari tanah di lokasi pembangunan Hotel Swiss Belinn Centrum Darmo - Surabaya. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test ( SPT ) yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

#### **9.3 Perencanaan Pondasi Tipe 1**

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada dibawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah Pondasi pada gedung perkantoran ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang

beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Kedalaman tiang pancang	= 50 m
Diameter tiang pancang, $\varnothing$	= 0,60 m
B kolom	= 0,75 m
H kolom	= 0,75 m
$F_c'$	= 52 Mpa
$F_y$	= 390 Mpa
Tebal selimut beton	= 75 mm
Keliling penampang tiang pancang	= 1,855 m
Luas selimut tiang pancang, $A_p$	= 0,283 m <sup>2</sup>
Keliling selimut tiang pancang, $A_{st}$	= 94,25 m
BJ beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
BJ tanah, $\gamma_t$	= 1680 kg/m <sup>3</sup>
Kedalaman kolom pendek	= 1,0 m
Berat tiang per m	= 0,393 T/m
Safety factor Meyerhof, SF	= 3

### 9.3.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal Pondasi Tipe 1

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri



## 2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 50 m.

### Pondasi Tipe 1

$$N \text{ ujung tiang} = 25$$

$$N_{av} = 9,0$$

Daya Dukung Meyerhoff,

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 20 \cdot N \cdot A_p + (A_{st} \cdot N_{av})/5 \\ &= (20 \cdot 25 \cdot 0,283 \text{ m}^2) + (94,25 \text{ m} \cdot 9)/5 \\ &= 451,85 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin tekan tiang} &= Q_u / SF \\ &= 451,85 \text{ T} / 3 \\ &= 150,62 \text{ T} \end{aligned}$$

Kekuatan ijin bahan,

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang PT. Wijaya Karya Beton untuk diameter 60 cm tipe A1 adalah :

$$P \text{ ijin bahan} = 252,7 \text{ T}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} P \text{ ijin bahan} &> P \text{ ijin tanah} \\ 252,7 \text{ T} &> 150,62 \text{ T ( OK )} \end{aligned}$$

Pembebanan Pondasi,

Gaya – gaya yang membebani pondasi didapatkan dari output SAP 2000 v.14 terjadi pada joint 11 element frame 1022 sebagai berikut :

- Akibat beban gravitasi D + L,  
 $P = 784,80 \text{ T}$
- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,  
 $P = 1264,39 \text{ T}$
- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,  
 $P = 1436,32 \text{ T}$

Kebutuhan Tiang Pancang :

$$P \text{ maks} = 1436,32 \text{ T}$$

$$\begin{aligned} n &= P \text{ maks} / P \text{ ijin} \\ &= 1436,32 \text{ T} / 150,62 \text{ T} \\ &= 9,54 \text{ buah} \sim 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perencanaan Dimensi Poer :

Berdasarkan buku “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2” adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Jarak tiang pancang} &= 3D \geq S \geq 2,5D \\ &= 180 \text{ cm} \geq S \geq 150 \text{ cm} \\ S \text{ pakai} &= 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak t. Pancang ke tepi} &= 2D \geq S \geq 1,5D \\ &= 150 \text{ cm} \geq S \geq 90 \text{ cm} \\ S' \text{ pakai} &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka dimensi poer rencana :

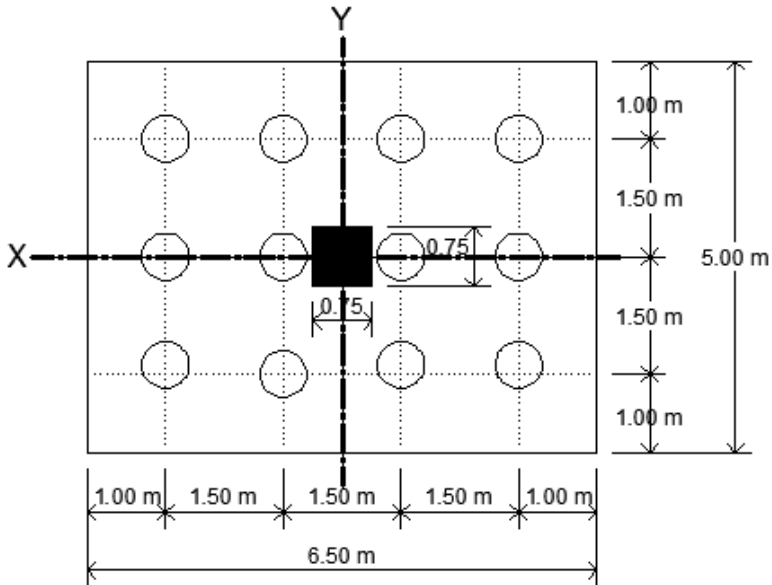
$$\begin{aligned} \text{Panjang, L} &= 6,5 \text{ m} \\ \text{Lebar, B} &= 5,0 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 1,2 \text{ m (Asumsi awal tebal poer)} \end{aligned}$$

Pengecekan ulang kebutuhan tiang pancang :

$$\begin{aligned} P \text{ maks} &= 1436,32 \text{ T} \\ \text{Berat poer rencana} & \\ (\text{L.B.Bj beton}) &= 93,60 \text{ T} \\ \text{Berat tanah} &= 54,60 \text{ T} + \\ &= 1584,52 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= P \text{ maks} / P \text{ ijin} \\ &= 1584,52 \text{ T} / 150,62 \text{ T} \\ &= 10,52 \text{ buah} \sim 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan jumlah tiang sebanyak 12 buah.



$$\begin{aligned}
 m &= 6,5 \text{ m} \\
 n &= 5,0 \text{ m} \\
 d &= 0,6 \text{ m} \\
 s' &= 1,0 \text{ m} \\
 \varphi &= \arctan (D/S') \\
 &= \arctan (0,6 / 1,0) \\
 &= 0,54^\circ
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung pile cap berdasarkan efisiensi. (Referensi : Analisa dan Desain Pondasi jilid 2; Joseph E Bowles Halaman 379) :

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= 1 - \varphi \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \\
 &= 1 - 0,54 \frac{(5-1).6,5 + (6,5-1).5}{90.6,5.5} = 0,99
 \end{aligned}$$

$$P \text{ ijin tanah} = \text{Eff. } P \text{ ijin tanah}$$

$$= 0,99. 150,62 \text{ T}$$

$$= 149,13 \text{ T} < 252,7 \text{ T}$$

### 9.3.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 1

Dari hasil analisa SAP 2000 pada kolom eksterior, diperoleh nilai sebagai berikut :

		(D + L)	(D + L + Ex)	(D + L + Ey)
P	T	784,80	1436,32	1264,39
M <sub>x</sub>	T.m	4,007	3,488	4,357
M <sub>y</sub>	T.m	2,102	0,877	0,075
H <sub>x</sub>	T	0,743	4,889	7,865
H <sub>y</sub>	T	0,663	11,683	7,118

$$\Sigma M_x = M_x + H_y.d$$

- Akibat beban gravitasi D + L,

$$\Sigma M_x = 4,007 \text{ T.m} + (0,663 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 4,803 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,

$$\Sigma M_x = 3,488 \text{ T.m} + (11,683 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 17,507 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,

$$\Sigma M_x = 4,357 \text{ T.m} + (7,118 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 12,899 \text{ T.m}$$

$$\Sigma M_y = M_y + H_x.d$$

- Akibat beban gravitasi D + L,

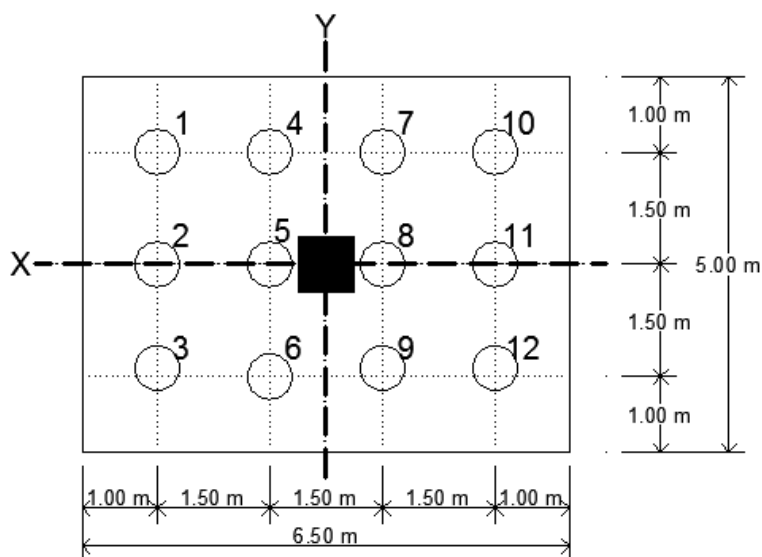
$$\Sigma M_y = 2,102 \text{ T.m} + (0,743 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 2,994 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,

$$\Sigma M_y = 0,877 \text{ T.m} + (4,889 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 6,743 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,

$$\Sigma M_y = 0,075 \text{ T.m} + (7,865 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 9,513 \text{ T.m}$$



No TP	X	X2	Y	Y2
1	2,25	5,0625	1,5	2,25
2	2,25	5,0625	0	0
3	2,25	5,0625	1,5	2,25
4	0,75	0,5625	1,5	2,25
5	0,75	0,5625	0	0
6	0,75	0,5625	1,5	2,25
7	0,75	0,5625	1,5	2,25
8	0,75	0,5625	0	0
9	0,75	0,5625	1,5	2,25
10	2,25	5,0625	1,5	2,25
11	2,25	5,0625	0	0
12	2,25	5,0625	1,5	2,25
	$\Sigma x =$	15,75	$\Sigma y =$	6,75

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y.X}{\Sigma x^2}$$

Syarat :

$P_{maks} < P_{ijin\ tekan} \cdot Eff$

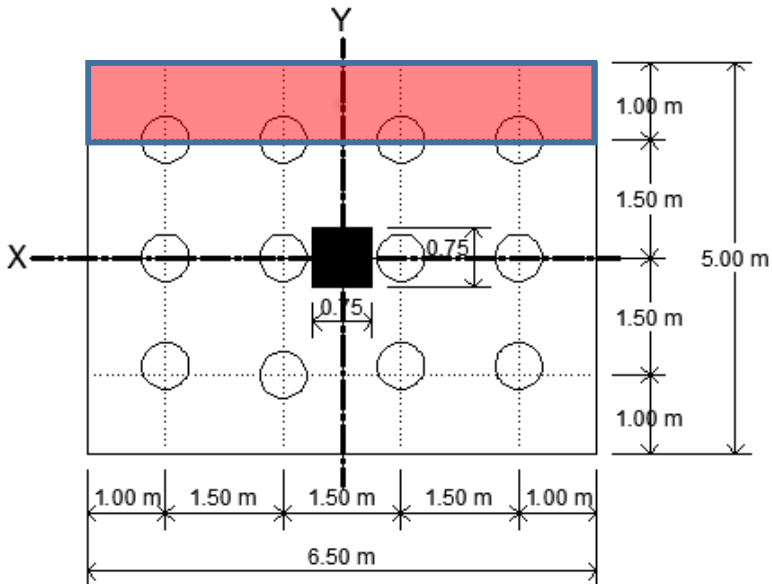
- Akibat beban gravitasi D + L,  
66,895 T < 149,128 T ( OK )
- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,  
125,547 T < 149,128 T ( OK )
- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,  
109,591 T < 149,128 T ( OK )

### 9.3.3 Perhitungan Tebal Pile Cap Akibat Beban Maksimum Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned} \text{Reaksi perlawanan tanah (qt)} &= P_u \text{ maks} / \text{luasan poer} \\ &= \frac{(1436,22 \times 1000) \text{ kg}}{(6500 \text{ mm} \cdot 5000 \text{ mm})} \\ &= 0,0442 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 0,442 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan geser satu arah pada poer

**Arah X**



Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$V_u = P_u \cdot B_w \times L'$$

$$\begin{aligned} L' &= 0,5B_{pr} - 0,5 H_{kolom} - d \\ &= 3250 \text{ mm} + 375 \text{ mm} - d \\ &= 2875 - d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= (0,442 \text{ N/mm}^2 \cdot 6500 \text{ mm}) \cdot (2875 - d) \\ &= (2872,64) \cdot (2875 - d) \\ &= 8258859,03 - 2872,65d \end{aligned}$$

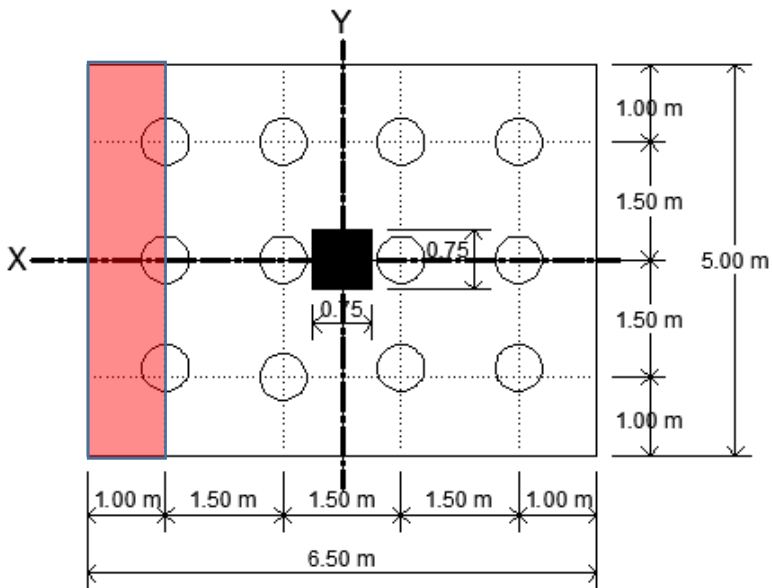
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ )

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot (f_c')^{0,5} \cdot B_w \cdot d \\ &= 0,17 \cdot (52 \text{ Mpa})^{0,5} \cdot 6500 \text{ mm} \\ &= 7968d \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 8258859,03 - 2872,65d &\leq 0,75 \cdot (7968d) \\
 8258859,03 - 2872,65d &\leq 5976d \\
 8258859,03 &\leq 8848,85d \\
 d &= 933,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Arah Y**



Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot B_w \times L' \\
 L' &= 0,5B_{pr} - 0,5 H_{kolom} - d \\
 &= 2500 \text{ mm} + 375 \text{ mm} - d \\
 &= 2125 - d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= (0,442 \text{ N/mm}^2 \cdot 5000 \text{ mm}) \cdot (2125 - d) \\
 &= (2209,73) \cdot (2125 - d) \\
 &= 4695672,4 - 2209,73d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ )



$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \cdot (f_c'^{0,5}) \cdot B_w \cdot d \\
 &= 0,17 \cdot (52 \text{ Mpa}^{0,5}) \cdot 5000 \text{ mm} \cdot d \\
 &= 6129d
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 4695672,4 - 2209,73d &\leq 0,75 \cdot (6129d) \\
 4695672,4 - 2209,73d &\leq 4597d \\
 4695672,4 &\leq 6807d \\
 d &= 689,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer :

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{poer} - (H_{kolom} + t_{poer}) \times (B_{kolom} + t_{poer}) \\
 &= (4225 \times 10^4) - ((750 + d) \times (750 + d)) \\
 &= (4225 \times 10^4) - (562500 + 1500d + d^2) \\
 &= 41687500 - 1500d - d^2 \\
 V_u &= P_u \cdot A_t \\
 &= 0,442 \times (41687500 - 1500d - d^2) \\
 &= 18423609 - 662,92d - 0,4d^2
 \end{aligned}$$

### Persamaan 1 (Rasio di sisi panjang )

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1 \\
 &= 3,678 \cdot b_o \cdot d \\
 b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\
 &= 3000 + 4d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 3,678 (3000 + 4d)d \\
 &= 3,678 (3000d + 4d^2) \\
 &= 11032,99d + 15d^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 18423609 - 662,92d - 0,4d^2 &\leq 0,75 \cdot (11032,99d + 15d^2) \\
 18423609 - 662,92d - 0,4d^2 &\leq 8275d + 11d^2 \\
 18423609 - 8937,66d - 11,4d^2 &\leq 0
 \end{aligned}$$

A                      B                      C

Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 936,16 \text{ mm}$$

$$d2 = -1715,04 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat = 936,2 mm

Maka, d > 936,2 mm

### Persamaan 2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{bo} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot bo \cdot d \\ &= 0,083 \left( \frac{40 \cdot d}{3000 + 4d} + 2 \right) \cdot \sqrt{52 \text{ Mpa}} \cdot (3000 + 4d) \cdot d \\ &= 0,083 \left( \frac{6000 + 48d}{3000 + 4d} \right) 7,211 \cdot (3000 + 4d) d \\ &= 0,083 \times (6000 + 48d) \cdot 7,211 \cdot d \\ &= 0,599 \cdot d (6000 + 48d) \\ &= 3591,13d + 28,73d^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$18423609 - 662,92d - 0,4d^2 \leq 3591,13d + 28,73d^2$$

$$18423609 - 4254,05d - 29,2d^2 \leq 0$$

A                      B                      C

Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 725,14 \text{ mm}$$

$$d2 = -870,97 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat = 725,1 mm

Maka, d > 725,1 mm

### Persamaan 3

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot bo \cdot d$$

$$= 0,33. 1. (7,211). (3000 + 4d)d$$

$$= 7138,99d + 9,52d^2$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$18423609 - 662,92d - 0,4d^2 \leq 7138,99d + 9,52d^2$$

$$18423609 - 7801,91d - 9,92d^2 \leq 0$$

A                      B                      C

Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 1023,65 \text{ mm}$$

$$d2 = -1806,92 \text{ mm}$$

$$\text{Akar yang memenuhi syarat} = 1024 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } d > 1024 \text{ mm}$$

Kesimpulan :

$$d \text{ maks dari geser satu arah} = 933,3 \text{ mm}$$

$$d \text{ maks dari geser dua arah} = 1024 \text{ mm}$$

$$d \text{ terbesar} = 1024 \text{ mm (Digunakan)}$$

### 9.3.4 Perhitungan Tebal Pile Cap Akibat Tiang Pancang Pondasi Tipe 1

$$Pu \text{ 1DL} + 1LL = 784,80 \text{ T}$$

$$Pu \text{ ultimate (1,3)} = 1020,24 \text{ T}$$

$$\text{Reaksi perlawanan tanah (qt)} = Pu / \text{Luasan poer}$$

$$= \frac{(1020,24 \times 1000) \text{ kg}}{(6500 \text{ mm} \cdot 5000 \text{ mm})}$$

$$= 0,03139 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 0,314 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan geser dua arah pada poer :

$$At = A \text{ pile cap} - A \text{ pondasi}$$

$$= 42250000 - (1/4 \cdot \pi \cdot (dtp + d)^2)$$

$$= 42250000 - (0,785 \cdot 600 + d)^2$$

$$= 42250000 - (0,785 \cdot 360000 + 1200d + d^2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 42250000 - (282743,3 + 942,5d + 0,785d^2) \\
 &= 41966314,2 - 942,5d + 0,785d^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot A_t \\
 &= 0,314 \times (41966314,2 - 942,5d + 0,785d^2) \\
 &= 13174129,14 - 295,86d - 0,25d^2
 \end{aligned}$$

### Persamaan 1 (Rasio di sisi panjang )

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1$$

$$= 3,678 \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\
 &= 3000 + 4d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 3,678 (3000 + 4d)d \\
 &= 3,678 (3000d + 4d^2) \\
 &= 11032,99d + 15d^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 0,75 \cdot (11032,99d + 15d^2) \\
 13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 8275d + 11d^2 \\
 1317429,14 - 8571d - 11,25d^2 &\leq 0
 \end{aligned}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{aligned}
 d1 &= 765,64 \text{ mm} \\
 d2 &= -1525,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akar yang memenuhi syarat} &= 765,64 \text{ mm} \\
 \text{Maka, } d &> 765,64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Persamaan 2

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned}
&= 0,083 \left( \frac{40.d}{3000+4d} + 2 \right) \cdot \sqrt{52 \text{ Mpa}} \cdot (3000+4d) \cdot d \\
&= 0,083 \left( \frac{6000+48d}{3000+4d} \right) 7,211 \cdot (3000+4d) \cdot d \\
&= 0,083 \times (6000+48d) \cdot 7,211 \cdot d \\
&= 0,599 \cdot d (6000+48d) \\
&= 3591,13d + 28,73d^2
\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
V_u &\leq \phi V_c \\
13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 0,75(3591,13d + 28,73d^2) \\
13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 2693,3d + 21,5d^2 \\
13174129,14 - 2989d - 21,79d^2 &\leq 0 \\
A &\qquad B &\qquad C
\end{aligned}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{aligned}
d1 &= 711,94 \text{ mm} \\
d2 &= -849,10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Akar yang memenuhi syarat} &= 711,94 \text{ mm} \\
\text{Maka, } d &> 711,94 \text{ mm}
\end{aligned}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
&= 0,33 \cdot 1 \cdot (7,211) \cdot (3000+4d) \cdot d \\
&= 7138,99d + 9,52d^2
\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
V_u &\leq \phi V_c \\
13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 0,75(7138,99d + 9,52d^2) \\
13174129,14 - 295,9d - 0,25d^2 &\leq 5354,2d + 7,14d^2 \\
13174129,14 - 5650d - 7,39d^2 &\leq 0 \\
A &\qquad B &\qquad C
\end{aligned}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{aligned} d1 &= 1006,76 \text{ mm} \\ d2 &= -1771,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akar yang memenuhi syarat} &= 1006,76 \text{ mm} \\ \text{Maka, } d &> 1006,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek panjang penyaluran dari kolom :

$$\begin{aligned} D_b \text{ kolom} &= 19 \text{ mm} \\ F_y \text{ tulangan} &= 390 \text{ Mpa} \\ \text{Decking poer} &= 75 \text{ mm} \\ D_b \text{ poer} &= 19 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 1 \text{ (SNI 2843 : 2013 pasal 12.2.4d)}$$

Berdasarkan SNI 2843 : 2013 pasal 12.3.2,  $L_{dc}$  diambil nilai terbesar dari dua persamaan di bawah ini,

$$\begin{aligned} 0,24F_y / (\lambda \sqrt{F_c'}) d_b &= 0,24 \cdot 390 \text{ Mpa} / (1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}) \cdot 19 \\ &= 246,62 \text{ mm} \\ (0,043F_y) d_b &= (0,043 \cdot 390 \text{ Mpa}) \cdot 19 \\ &= 318,63 \text{ mm (Menentukan)} \\ L_{dc} \text{ maks} &= 318,63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \text{ rencana pile cap} &> L_{dc} \text{ kolom} \\ 1023,65 \text{ mm} &> 318,63 \text{ mm ( OK )} \\ \text{Apabila } L_{dc} > d \text{ rencana poer, maka perbesar } d \text{ poer} &= 320 \text{ mm} \\ \text{Maka } d \text{ pakai} &= \text{Decking} + 1,5 D_b \text{ poer} + d \text{ rencana} \\ &= 75 \text{ mm} + (1,5 \cdot 19) + 1023,65 \text{ mm} \\ &= 1127,15 \text{ mm} \\ &= 1200 \text{ mm ( Dibulatkan )} \end{aligned}$$

### 9.3.5 Cek Perhitungan Geser Pondasi Akibat Beban Maksimum Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned} D \text{ pile cap} &= 1200 \text{ mm} \\ D_b \text{ poer rencana} &= 19 \text{ mm} \\ \text{Cover poer} &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ maks } 1,2D + 1,6L = 129,54 \text{ T}$$

$$\begin{aligned} \text{Pu merata} &= 3,986 \text{ T/m}^2 \\ &= 0,040 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan geser satu arah akibat kolom,

### Arah X

Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$V_u = \text{Pu. b poer. } L'$$

$$\begin{aligned} L' &= 2875 - d \\ &= 2875 \text{ mm} - 1200 \text{ mm} \\ &= 1675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,0399 \text{ mm} \times 6500 \text{ mm} \times 1675 \text{ mm} \\ &= 433951,97 \text{ N} \end{aligned}$$

### Arah Y

Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$V_u = \text{Pu. b poer. } L'$$

$$\begin{aligned} L' &= 2125 - d \\ &= 2125 \text{ mm} - 1200 \text{ mm} \\ &= 925 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,0399 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm} \times 925 \text{ mm} \\ &= 184342,40 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot (f_c')^{0,5} \cdot B_w \cdot D \\ &= 433951,97 \text{ N} \cdot (\sqrt{52 \text{ Mpa}})^{0,5} \cdot (6500 \text{ mm}) \cdot (1200 \text{ mm}) \\ &= 9561921,98 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 184342,40 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 9561921,98 \text{ N} \\ 184342,40 \text{ N} &< 7171441,49 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer,

$$\begin{aligned} A_t &= A_{\text{poer}} - (H_{\text{kolom}} + t_{\text{poer}}) \times (B_{\text{kolom}} + t_{\text{poer}}) \\ &= 41687500 - 1500d - d^2 \\ &= 41687500 - (1800000) - (1440000) \\ &= 38447500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \text{Pu. } A_t \\ &= 0,040 \text{ N/mm}^2 \cdot (38447500 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

$$= 1532433,36 \text{ N}$$

### Persamaan 1

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1$$

$$= 3,678 \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\ &= 3000 + 4 \cdot (1200) \\ &= 7800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 3,678 (3000 + 4d)d \\ &= 3,678 (3000(1200) + (4 \cdot 1200)^2) \\ &= 34422919,14 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 1532433,36 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot (34422919,14 \text{ N}) \\ 1532433,36 \text{ N} &< 25817189,35 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

### Persamaan 2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 3591,13d + 28,73d^2 \\ &= (3591,13 \cdot 1200) + (28,73 \cdot (1200)^2) \\ &= 45679161,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 1532433,36 \text{ N} &\leq 0,75 (45679161,78 \text{ N}) \\ 1532433,36 \text{ N} &\leq 34259371,33 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned} V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 7138,99d + 9,52d^2 \\ &= 7138,99(1200) + 9,52(1200^2) \\ &= 22273653,56 \text{ N} \end{aligned}$$



Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 1532433,36 \text{ N} &\leq 0,75(22273653,56 \text{ N}) \\ 1532433,36 \text{ N} &\leq 16705240,17 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

### 9.3.6 Cek Perhitungan Geser Pondasi Akibat Tiang Pancang Pondasi Tipe 1

$$\begin{aligned} D \text{ pile cap} &= 1200 \text{ mm} \\ D_b \text{ poer rencana} &= 19 \text{ mm} \\ \text{Cover poer} &= 375 \text{ mm} \\ D' &= h - \text{decking} - (0,5d_b \text{ poer}) \\ &= 1200 \text{ mm} - 375 \text{ mm} - (0,5 \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 815,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ joint } 1,2D + 1,6L &= 1020,24 \text{ T} \\ P_u \text{ merata} &= 31,39 \text{ T/m}^2 \\ &= 0,314 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer,

$$\begin{aligned} A_t &= A_{poer} - (H_{kolom} + t_{poer}) \times (B_{kolom} + t_{poer}) \\ &= 41687500 - 1500d - d^2 \\ &= 41687500 - (1800000) - (1440000) \\ &= 38447500 \text{ mm}^2 \\ V_u &= P_u \cdot A_t \\ &= 0,314 \text{ N/mm}^2 \cdot (38447500 \text{ mm}^2) \\ &= 12069497,64 \text{ N} \end{aligned}$$

### Persamaan 1

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1$$

$$= 3,678 \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\ &= 3000 + 4 \cdot (1200) \\ &= 7800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 3,678 (3000 + 4d)d \\ &= 3,678 (3000(1200) + (4 \cdot 1200)^2) \\ &= 34422919,14 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 12069497,64 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot (34422919,14 \text{ N}) \\ 12069497,64 \text{ N} &< 25817189,35 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

### Persamaan 2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 3591,13d + 28,73d^2 \\ &= (3591,13 \cdot 1200) + (28,73 \cdot (1200)^2) \\ &= 45679161,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 12069497,64 \text{ N} &\leq 0,75(45679161,78 \text{ N}) \\ 12069497,64 \text{ N} &\leq 34259371,33 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned} V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 7138,99d + 9,52d^2 \\ &= 7138,99(1200) + 9,52(1200^2) \\ &= 22273653,56 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$\begin{aligned}
 12069497,64 \text{ N} & \leq 0,75(22273653,56 \text{ N}) \\
 12069497,64 \text{ N} & \leq 16705240,17 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

### 9.3.7 Penulangan Lentur Pile Cap Pondasi Tipe 1

Dimensi Pile Cap	B	= 6,5 m
	H	= 5,0 m
	T	= 1,2 m
Diameter tiang pancang		= 0,6 m
Jumlah tiang pancang		= 12 buah
Dimensi kolom	B	= 0,75 m
	H	= 0,75 m
Mutu beton, $F_c'$		= 52 Mpa
Pu maks,		
Kombinasi 2		= 7864,77 kg
Kombinasi 3		= 11682,53 kg

Momen – momen yang terjadi :

Arah X

$$\begin{aligned}
 A &= 2,875 \text{ m} \\
 B &= \text{As tiang ke tepi kolom} \\
 &= 1,875 \text{ m} \\
 qu &= \text{berat pile cap} \\
 &= \text{Bpr. Tpr. Bj beton. A} \\
 &= 53820 \text{ kg} \\
 \text{Momen Arah X} &= M_p - M_q \\
 &= (P. \text{ Jarak B}) - (qu. 0,5. \text{ Jarak A}) \\
 &= 23546,25 \text{ kg.m} \\
 &= 235462500 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Arah Y

$$\begin{aligned}
 A &= 2,215 \text{ m} \\
 B &= \text{As tiang ke tepi kolom} \\
 &= 1,125 \text{ m} \\
 qu &= \text{berat pile cap} \\
 &= \text{Bpr. Tpr. Bj beton. A} \\
 &= 39780 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Arah Y} &= M_p - M_q \\
 &= (P \cdot \text{Jarak B}) - (q_u \cdot 0,5 \cdot \text{Jarak A}) \\
 &= 2486,25 \text{ kg.m} \\
 &= 24862500 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, } h &= 120 \text{ cm} \\
 \text{Tebal selimut} &= 7,5 \text{ cm} \\
 \text{Mutu beton} &= 30 \text{ Mpa} \\
 B_j \text{ beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Mutu baja, } D &= 390 \text{ Mpa} \\
 M &= 15,294 \\
 \beta &= 0,834 \\
 \text{Asumsi diameter tulangan} &= 2,5 \text{ cm} \\
 dx &= 111,25 \text{ cm} \\
 dy &= 108,75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Batasan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,0036 \\
 \rho_{\max} &= 0,0248 \\
 A_s \text{ min lentur} &= 24818,68 \text{ mm}^2 \\
 &= 119,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Tulangan yang dibutuhkan :**

	Mn	Rn	$\rho_{\text{perlu}}$	$\rho_{\text{pakai}}$	As
	N.mm/m				mm <sup>2</sup>
X	2,62E+08	0,032521146	0,0000834408	0,0036	25958,3333
Y	27625000	0,003593605	0,0000092150	0,0036	25375,0000

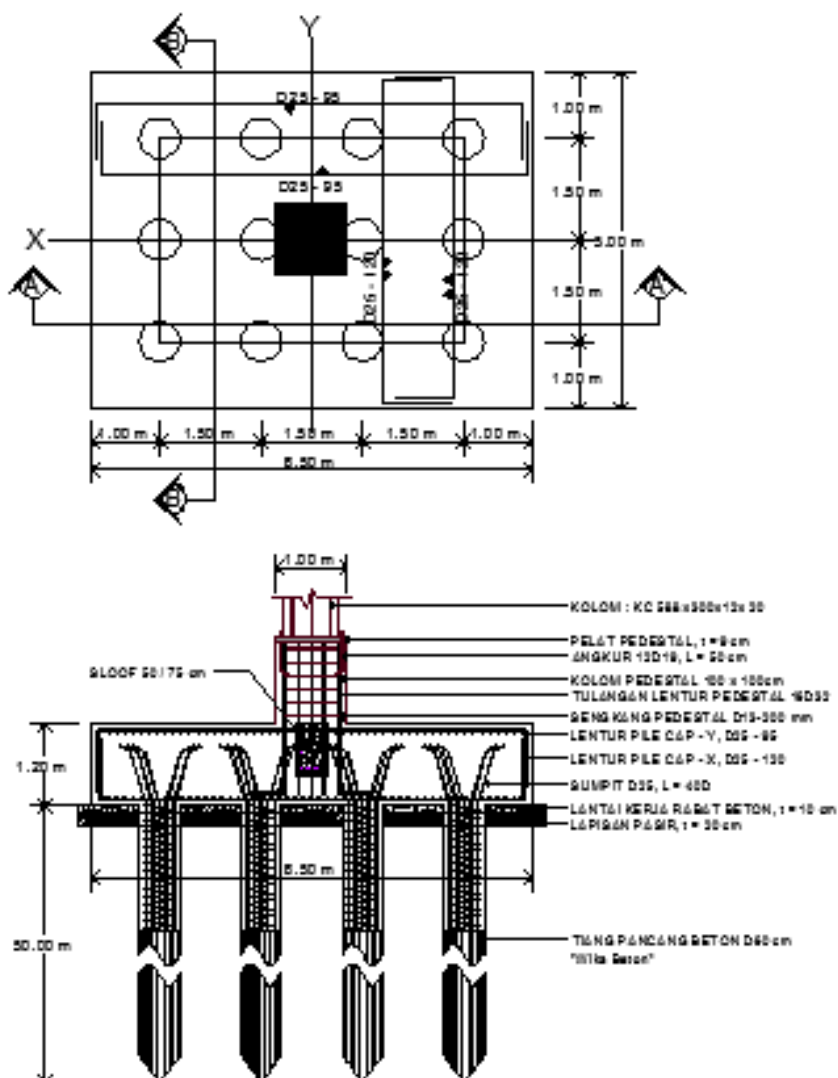
**Syarat Spasi tulangan :**

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &< 3h, 3h &= 3,6\text{m} \\
 S_{X \text{ perlu}} &= 122,92 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 120 \text{ mm} \\
 S_{X \text{ perlu}} &= 96,72 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pemakaian tulangan :

Tulangan arah X : D25 – 120 mm, jumlah tulangan = 55 buah, As perlu = 26589 mm<sup>2</sup>.

Tulangan arah Y : D25 – 95 mm, jumlah tulangan = 535 buah, As perlu = 25835,47 mm<sup>2</sup>.



Gambar 9.2 Rencana Pondasi Tipe 1, Pile Cap  $t = 1,2$  m

## 9.4 Perencanaan Pondasi Tipe 2

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada dibawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah.

Pondasi pada gedung perkantoran ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang beton (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Kedalaman tiang pancang	= 50 m
Diameter tiang pancang, $\varnothing$	= 0,60 m
B kolom	= 1,1 m
H kolom	= 1,1 m
$F_c'$	= 52 Mpa
$F_y$	= 390 Mpa
Tebal selimut beton	= 75 mm
Keliling penampang tiang pancang	= 1,855 m
Luas selimut tiang pancang, $A_p$	= 0,283 m <sup>2</sup>
Keliling selimut tiang pancang, $A_{st}$	= 94,25 m
BJ beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
BJ tanah, $\gamma_t$	= 1680 kg/m <sup>3</sup>
Kedalaman kolomg pendek	= 1,0 m
Berat tiang per m	= 0,393 T/m
Safety factor Meyerhof, SF	= 3

#### 9.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal Pondasi Tipe 1

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

3. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
4. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 50 m.

##### Pondasi Tipe 1

$$N \text{ ujung tiang} = 25$$

$$N_{av} = 9,0$$

Daya Dukung Meyerhoff,

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 20 \cdot N \cdot A_p + (A_{st} \cdot N_{av})/5 \\ &= (20 \cdot 25 \cdot 0,283 \text{ m}^2) + (94,25 \text{ m} \cdot 9)/5 \\ &= 451,85 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin tekan tiang} &= Q_u / SF \\ &= 451,85 \text{ T} / 3 \\ &= 150,62 \text{ T} \end{aligned}$$

Kekuatan ijin bahan,

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang PT. Wijaya Karya Beton untuk diameter 60 cm tipe A1 adalah :

$$P \text{ ijin bahan} = 252,7 \text{ T}$$



Syarat :

$$\begin{array}{ll} P \text{ ijin bahan} & > P \text{ ijin tanah} \\ 252,7 \text{ T} & > 150,62 \text{ T ( OK )} \end{array}$$

Pembebanan Pondasi,

Gaya – gaya yang membebani pondasi didapatkan dari output SAP 2000 v.14 terjadi pada joint 11 element frame 1022 sebagai berikut :

- Akibat beban gravitasi D + L,  
 $P = 1336,90 \text{ T}$
- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,  
 $P = 1576,71 \text{ T}$
- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,  
 $P = 1591,43 \text{ T}$

Kebutuhan Tiang Pancang :

$$\begin{aligned} P \text{ maks} &= 1591,43 \text{ T} \\ n &= P \text{ maks} / P \text{ ijin} \\ &= 10,5661 \text{ T} \\ &= 11 \text{ buah} \sim 11 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perencanaan Dimensi Poer :

Berdasarkan buku “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2” adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Jarak tiang pancang} &= 3D \geq S \geq 2,5D \\ &= 180 \text{ cm} \geq S \geq 150 \text{ cm} \\ S \text{ pakai} &= 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak t. Pancang ke tepi} &= 2D \geq S \geq 1,5D \\ &= 150 \text{ cm} \geq S \geq 90 \text{ cm} \\ S' \text{ pakai} &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka dimensi poer rencana :

$$\begin{aligned} \text{Panjang, L} &= 6,5 \text{ m} \\ \text{Lebar, B} &= 5,0 \text{ m} \\ \text{Tebal} &= 1,2 \text{ m (Asumsi awal tebal poer)} \end{aligned}$$

Pengecekan ulang kebutuhan tiang pancang :

$$P \text{ maks} = 1436,32 \text{ T}$$

Berat poer rencana

$$(\text{L.B.Bj beton}) = 93,60 \text{ T}$$

$$\text{Berat tanah} = 54,60 \text{ T} +$$

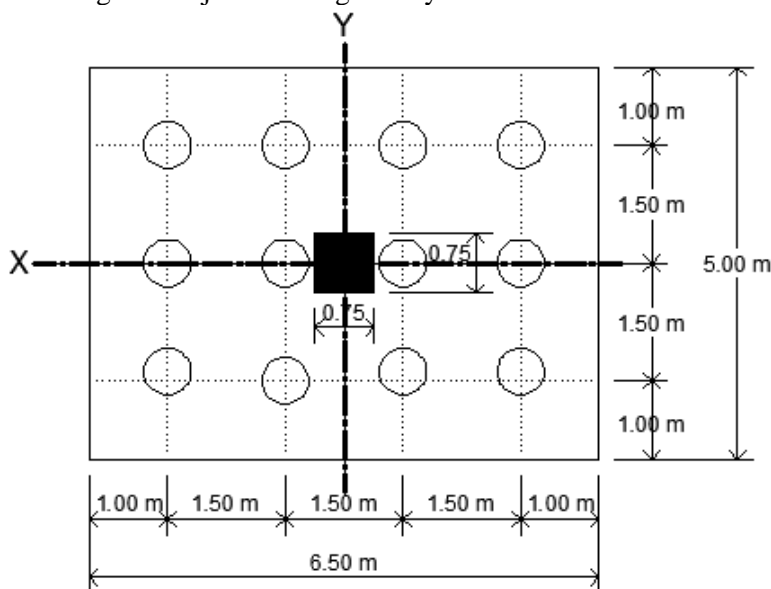
$$= 1584,52 \text{ T}$$

$$n = P \text{ maks} / P \text{ ijin}$$

$$= 1584,52 \text{ T} / 150,62 \text{ T}$$

$$= 10,52 \text{ buah} \sim 12 \text{ buah}$$

Maka digunakan jumlah tiang sebanyak 12 buah.



$$m = 6,5 \text{ m}$$

$$n = 5,0 \text{ m}$$

$$d = 0,6 \text{ m}$$

$$s' = 1,0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\phi &= \arctan (D/S') \\ &= \arctan (0,6 / 1,0) \\ &= 0,54^\circ\end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung pile cap berdasarkan efisiensi. (Referensi : Analisa dan Desain Pondasi jilid 2; Joseph E Bowles Halaman 379) :

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= 1 - \phi \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \\ &= 1 - 0,54 \frac{(5-1).6,5 + (6,5-1).5}{90.6,5.5} = 0,99\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{P ijin tanah} &= \text{Eff. P ijin tanah} \\ &= 0,99 \cdot 150,62 \text{ T} \\ &= 149,13 \text{ T} < 252,7 \text{ T}\end{aligned}$$

#### 9.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok Pondasi Tipe 2

Dari hasil analisa SAP 2000 pada kolom eksterior, diperoleh nilai sebagai berikut :

		(D + L)	(D + L + Ex)	(D + L + Ey)
P	T	784,80	1436,32	1264,39
M <sub>x</sub>	T.m	4,007	3,488	4,357
M <sub>y</sub>	T.m	2,102	0,877	0,075
H <sub>x</sub>	T	0,743	4,889	7,865
H <sub>y</sub>	T	0,663	11,683	7,118

$$\begin{aligned}\Sigma M_x &= M_x + H_y.d \\ - \text{ Akibat beban gravitasi D + L,} \\ \Sigma M_x &= 4,007 \text{ T.m} + (0,663 \text{ T} \cdot 1,2 \text{ m}) = 4,803 \text{ T.m} \\ - \text{ Akibat beban gravitasi D + L + Ex,} \\ \Sigma M_x &= 3,488 \text{ T.m} + (11,683 \text{ T} \cdot 1,2 \text{ m}) = 17,507 \text{ T.m} \\ - \text{ Akibat beban gravitasi D + L + Ey,}\end{aligned}$$

$$\Sigma M_x = 4,357 \text{ T.m} + (7,118 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 12,899 \text{ T.m}$$

$$\Sigma M_y = M_y + H_x.d$$

- Akibat beban gravitasi D + L,

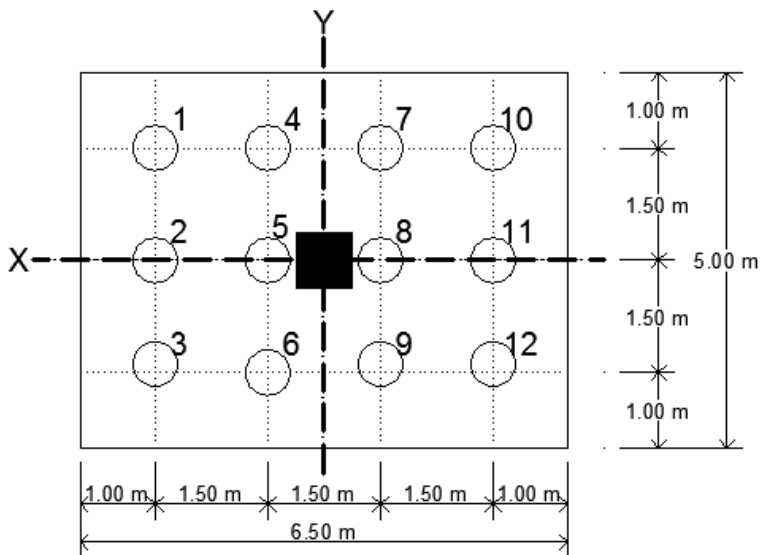
$$\Sigma M_x = 2,102 \text{ T.m} + (0,743 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 2,994 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,

$$\Sigma M_x = 0,877 \text{ T.m} + (4,889 \cdot 1,2\text{m}) = 6,743 \text{ T.m}$$

- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,

$$\Sigma M_x = 0,075 \text{ T.m} + (7,865 \text{ T. } 1,2\text{m}) = 9,513 \text{ T.m}$$



No TP	X	X2	Y	Y2
1	2,25	5,0625	1,5	2,25
2	2,25	5,0625	0	0
3	2,25	5,0625	1,5	2,25
4	0,75	0,5625	1,5	2,25
5	0,75	0,5625	0	0
6	0,75	0,5625	1,5	2,25
7	0,75	0,5625	1,5	2,25
8	0,75	0,5625	0	0
9	0,75	0,5625	1,5	2,25
10	2,25	5,0625	1,5	2,25
11	2,25	5,0625	0	0
12	2,25	5,0625	1,5	2,25
	$\Sigma x =$	15,75	$\Sigma y =$	6,75

P maks =

$$P \text{ maks} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.X}{\Sigma x^2}$$

Syarat :

P mkas < P ijin tekan . Eff

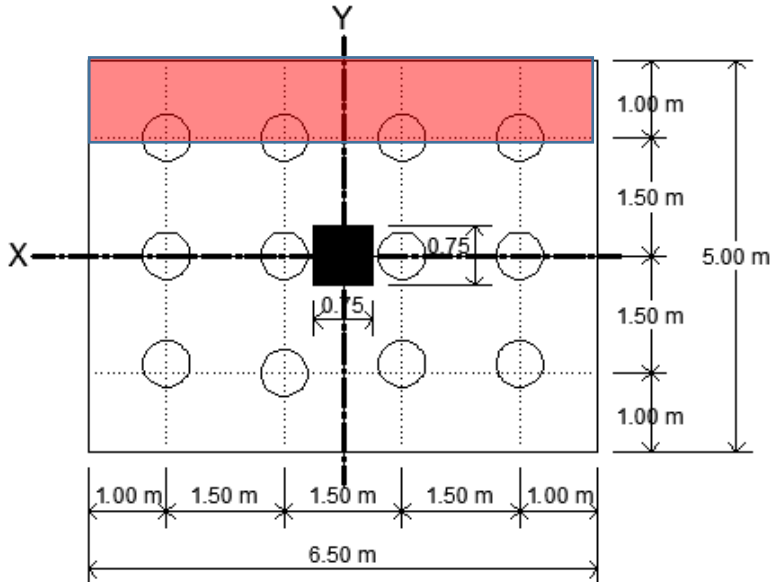
- Akibat beban gravitasi D + L,  
115,538 T < 149,128 T ( OK )
- Akibat beban gravitasi D + L + Ex,  
142,008 T < 149,128 T ( OK )
- Akibat beban gravitasi D + L + Ey,  
141,048 T < 149,128 T ( OK )

#### 9.4.3 Perhitungan Tebal Pile Cap Akibat Beban Maksimum Pondasi Tipe 2

$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi perlawanan tanah (qt)} &= P_u \text{ maks} / \text{luasan poer} \\
 &= 0,049 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 0,49 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan geser satu arah pada poer

### Arah X



Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot B_w \times L' \\
 L' &= 0,5B_{pr} - 0,5 H_{kolom} - d \\
 &= 3250 \text{ mm} + 550 \text{ mm} - d \\
 &= 2700 - d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= (0,49 \text{ N/mm}^2 \cdot 5000 \text{ mm}) \cdot (2700 - d) \\
 &= (2448) \cdot ((2700 - d) \\
 &= 6610570,629 - 2448,359492 d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ )

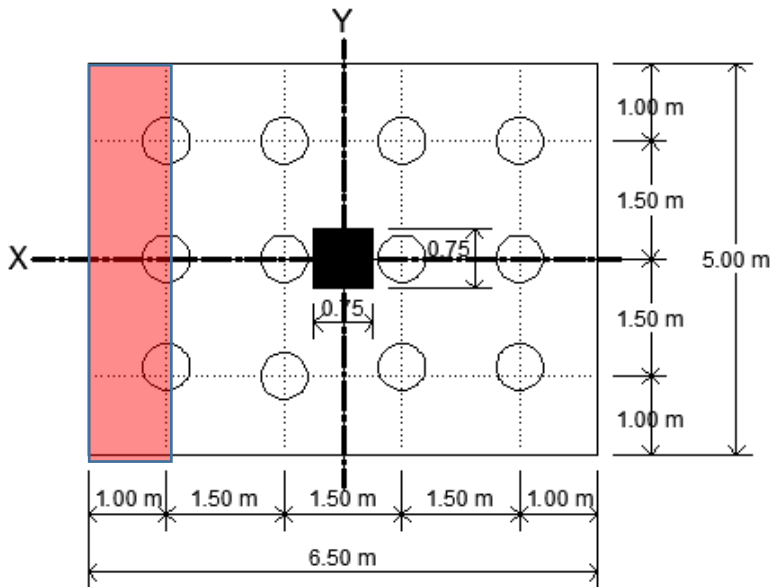
$$V_c = 0,17 \cdot (F_c'^{0,5}) \cdot B_w \cdot d$$

$$\phi = 0,75$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 6610570,629 - 2448,359492d &\leq 0,75 \cdot (7968d) \\
 6610570,629 &\leq 8424,560731d \\
 d &\leq 6784,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Arah Y**



Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot B_w \times L' \\
 L' &= 0,5B_{pr} - 0,5 H_{kolom} - d \\
 &= 2500 \text{ mm} + 550 \text{ mm} - d \\
 &= 1950 - d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= (0,442 \text{ N/mm}^2 \cdot 6500 \text{ mm}) \cdot (2125 - d) \\
 &= (3183) \cdot ((1950 - d)) \\
 &= 6206591,313 - 318,86734d
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ )

$$V_c = 0,17 \cdot (F_c'^{0,5}) \cdot B_w \cdot d$$

$$\phi = 0,75$$

$$d \text{ maks dari satu arah} = 784,7 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 6206591,313 - 3182,86734d &\leq 5976d \\ 6206591,313 &\leq 9159,068579d \\ d &= 677,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer :

$$\begin{aligned} A_t &= A_{poer} - (H_{kolom} + t_{poer}) \times (B_{kolom} + t_{poer}) \\ &= (42250000) - ((1100 + d) \times (1100 + d)) \\ &= (42250000) - (1210000 + 2200d + d^2) \\ &= 41040000 - 2200d - d^2 \\ V_u &= P_u \cdot A_t \\ &= 0,4896719 \times (41040000 - 2200d - d^2) \\ &= 20096134,7 - 1077,278177d - 0,5d^2 \end{aligned}$$

**Persamaan 1 (Rasio di sisi panjang )**

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1$$

$$= 3,678 \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\ &= 3000 + 4d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 3,678 (3000 + 4d)d \\ &= 3,678 (3000d + 4d^2) \\ &= 11032,99d + 15d^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 18423609 - 662,92d - 0,4d^2 &\leq 0,75 \cdot (11032,99d + 15d^2) \\ 18423609 - 662,92d - 0,4d^2 &\leq 8275d + 11d^2 \\ 18423609 - 8937,66d - 11,4d^2 &\leq 0 \\ \text{A} &\qquad \qquad \text{B} &\qquad \text{C} \end{aligned}$$



Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 936,16 \text{ mm}$$

$$d2 = -1715,04 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat = 936,2 mm

Maka, d > 936,2 mm

### Persamaan 2

$$\begin{aligned} V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{bo} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot bo \cdot d \\ &= 0,083 \left( \frac{40 \cdot d}{3000 + 4d} + 2 \right) \cdot \sqrt{52 \text{ Mpa}} \cdot (3000 + 4d) \cdot d \\ &= 0,083 \left( \frac{6000 + 48d}{3000 + 4d} \right) 7,211 \cdot (3000 + 4d) d \\ &= 0,083 \times (6000 + 48d) \cdot 7,211 \cdot d \\ &= 0,599 \cdot d (6000 + 48d) \\ &= 3591,13d + 28,73d^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$18423609 - 662,92d - 0,4d^2 \leq 3591,13d + 28,73d^2$$

$$18423609 - 4254,05d - 29,2d^2 \leq 0$$

$$\begin{array}{ccc} A & B & C \end{array}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 725,14 \text{ mm}$$

$$d2 = -870,97 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat = 725,1 mm

Maka, d > 725,1 mm

### Persamaan 3

$$\begin{aligned} V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot bo \cdot d \\ &= 0,33 \cdot 1 \cdot (7,211) \cdot (4400 + 4d) d \\ &= 2,379 + (4400d + 4d^2) \end{aligned}$$

$$= 10470,5d + 9,5d^2$$

Syarat :

$$\begin{array}{lcl} V_u & & \leq \phi V_c \\ 0,5d^2 - 1077,278d - 20096135 & \leq & 10470,5d + 9,52d^2 \\ 10d^2 - 11547,799 - 20096135 & \leq & 0 \\ A & B & C \end{array}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{array}{lcl} d1 & = & 953,046 \text{ mm} \\ d2 & = & -2106,865 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Akar yang memenuhi syarat} & = & 953 \text{ mm} \\ \text{Maka, } d & > & 953 \text{ mm}^3 \end{array}$$

Kesimpulan :

$$\begin{array}{lcl} d \text{ maks dari geser satu arah} & = & 953 \text{ mm} \\ d \text{ maks dari geser dua arah} & = & 784,7 \text{ mm} \\ d \text{ terbesar} & = & 953 \text{ mm (Digunakan)} \end{array}$$

#### 9.4.4 Perhitungan Tebal Pile Cap Akibat Tiang Pancang Pondasi Tipe 2

$$\begin{array}{lcl} P_u \text{ 1DL + 1LL} & = & 1336,90 \text{ T} \\ P_u \text{ ultimate (1,3)} & = & 1738 \text{ T} \\ \text{Reaksi perlawanan tanah (qt)} & = & P_u / \text{Luasan poer} \\ & = & \frac{0,053475876 \text{ kg} / \text{mm}^2}{1737,965983 \text{ kg} / \text{mm}^2} \\ & = & 0,534758764 \text{ N/mm}^2 \end{array}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer :

$$\begin{array}{lcl} A_t & = & A \text{ pile cap} - A \text{ pondasi} \\ & = & 32500000 - (1/4 \cdot \pi \cdot (d_{tp} + d)^2) \\ & = & 32500000 - (0,785 \cdot 600 + d)^2 \\ & = & 32500000 - (0,785 \cdot 360000 + 1200d + d^2) \\ & = & 32500000 - (282743 + 942,5d + 0,8d^2) \\ & = & 32216314,2 - 942,5d + 0,8d^2 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot A_t \\
 &= 0,53475876 \times (32216314 - 942d + 0,8d^2) \\
 &= 17227956,35 - 504d - 0,4d^2
 \end{aligned}$$

### Persamaan 1 (Rasio di sisi panjang )

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1 \\
 &= 3,6776623 \cdot b_o \cdot d \\
 b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\
 &= 4400 + 4d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 3,6776623 (4400 + 4d)d \\
 &= 3,6776623 (4400d + 4d^2) \\
 &= 16181,71412d + 15d^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \quad \phi = 0,75 \\
 17227956,35 - 503,998d - 0,4d^2 &\leq (12136,3d + 11,03d^2) \\
 0 &\leq 11,45298545d^2 + 12640d
 \end{aligned}$$

A                      B

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{aligned}
 d1 &= 793,0653393 \text{ mm} \\
 d2 &= -1896,732493 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Akar yang memenuhi syarat} = 793,065 \text{ mm}$$

$$\text{Maka, } d > 793,065 \text{ mm}$$

### Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,083 \left( \frac{40 \cdot d}{4400 + 4d} + 2 \right) \cdot \sqrt{7,211103} \cdot (4400 + 4d) \cdot d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,083 \left( \frac{40+d}{4400+4d} + 2 \right) \\
 &= \left( \frac{40d}{4400+4d} \right) + \left( \frac{2(4400+4d)}{4400+4d} \right) \\
 &= \left( \frac{40d}{4400+4d} \right) + \left( \frac{8800+4d}{4400+4d} \right) \\
 &= \left( \frac{8800+48d}{4400+4d} \right)
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c & \phi &= 0,75 \\
 0,5d^2 - 1077,279 - 20096135 &\leq 5267d + 29d^2 \\
 29d^2 + 6344,268d - 20096135 &\leq 0 \\
 A & & B & & C
 \end{aligned}$$

Menggunakan Rumus ABC,

$$\begin{aligned}
 d1 &= 727,84 \text{ mm} \\
 d2 &= -992,97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akar yang memenuhi syarat} &= 727,8 \text{ mm} \\
 \text{Maka, } d &> 727,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b \cdot o \cdot d \\
 &= 0,33 \cdot 1 \cdot (7,211) \cdot (4400 + 4d)d \\
 &= 2,380d + (4400d + 4d^2) \\
 &= 10470,52d + ;9,518d^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c \quad \phi = 0,75$$

$$17227956,35 - 504d - 0,4d^2 \leq 7853d + 7,1d^2$$

$$0 \leq 7,5589 + 8357d$$

A                      B                      C

Menggunakan Rumus ABC,

$$d1 = 1054,92 \text{ mm}$$

$$d2 = -2160,477 \text{ mm}$$

Akar yang memenuhi syarat = 1055 mm

Maka, d > 1055 mm

Cek panjang penyaluran dari kolom :

$$D_b \text{ kolom} = 19 \text{ mm}$$

$$F_y \text{ tulangan} = 390 \text{ Mpa}$$

$$D_{\text{decking poer}} = 75 \text{ mm}$$

$$D_b \text{ poer} = 19 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ (SNI 2843 : 2013 pasal 12.2.4d)}$$

Berdasarkan SNI 2843 : 2013 pasal 12.3.2,  $L_{dc}$  diambil nilai terbesar dari dua persamaan di bawah ini,

$$0,24F_y / (\lambda \sqrt{F_c'}) d_b = 0,24 \cdot 390 \text{ Mpa} / (1 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}}) \cdot 19$$

$$= 246,62 \text{ mm}$$

$$(0,043F_y) d_b = (0,0043 \cdot 390 \text{ Mpa}) \cdot 19$$

$$= 318,63 \text{ mm (Menentukan)}$$

$$L_{dc} \text{ maks} = 318,63 \text{ mm}$$

$$d \text{ rencana pile cap} > L_{dc} \text{ kolom}$$

$$1023,65 \text{ mm} > 318,63 \text{ mm ( OK )}$$

Apabila  $L_{dc} > d$  rencana poer, maka perbesar  $d$  poer = 320 mm

$$\text{Maka } d \text{ pakai} = D_{\text{decking}} + 1,5 D_b \text{ poer} + d \text{ rencana}$$

$$= 75 \text{ mm} + (1,5 \cdot 19) + 1023,65 \text{ mm}$$

$$= 1127,15 \text{ mm}$$

$$= 1200 \text{ mm ( Dibulatkan )}$$

#### 9.4.5 Cek Perhitungan Geser Pondasi Akibat Beban Maksimum Pondasi Tipe 2

$$\begin{aligned}
 D \text{ pile cap} &= 1300 \text{ mm} \\
 D_b \text{ poer rencana} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Cover poer} &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ maks } 1,2D + 1,6L &= 129,538 \text{ T} \\
 P_u \text{ merata} &= 3,98578 \text{ T/m}^2 \\
 &= 0,0399 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan geser satu arah akibat kolom,

### Arah X

Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot b \text{ poer} \cdot L' \\
 L' &= 2700 - d \\
 &= 2700 \text{ mm} - 1300 \text{ mm} \\
 &= 1400 \text{ mm} \\
 V_u &= 0,0399 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} \\
 &= 279004,7077 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$V_c = 0,17 \cdot (f_c')^{0,5} \cdot B_w \cdot D \quad \phi = 0,75$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 279004,7077 &\leq 7769061,611 \\
 \text{OK} &= 10358748,81
 \end{aligned}$$

### Arah Y

Beban gaya geser ( $V_u$ ),

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_u \cdot b \text{ poer} \cdot L' \\
 L' &= 1950 - d \\
 &= 1950 \text{ mm} - 1300 \text{ mm} \\
 &= 650 \text{ mm} \\
 V_u &= 0,0399 \text{ mm} \times 5000 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} \\
 &= 129537,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$V_c = 0,17 \cdot (f_c')^{0,5} \cdot B_w \cdot D$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u & \leq \phi V_c \\
 129537,9 \text{ N} & < 7769061,61 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer,

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{poer} - (H_{kolom} + t_{poer}) \times (B_{kolom} + t_{poer}) \\
 &= 41040000 - 2200d - d^2 \\
 &= 41040000 - (2860000) - (1690000) \\
 &= 36490000 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= P_u \cdot A_t \\
 &= 1454411,683 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Persamaan 1

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 1 \\
 &= 3,678 \cdot b_o \cdot d \\
 b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\
 &= 4400 + 4d \\
 &= 9600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_c = 45897225,52 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u & \leq \phi V_c \\
 1454411,683 \text{ N} & < 34422919,14 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

### Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 5266,99d + 28,73d^2 \\
 &= 6847086,094 + 48552065,03 \\
 &= 55399151,13 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 1532433,36 \text{ N} &\leq 0,75(45679161,78 \text{ N}) \\
 1532433,36 \text{ N} &\leq 34259371,33 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

### Persamaan 3

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 10470,52d + 9,52d^2 \\
 &= 13611677,2d + 16086527,57 \\
 &= 29698204,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 1454411,683 \text{ N} &\leq 22273653,56 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

### 9.4.6 Cek Perhitungan Geser Pondasi Akibat Tiang Pancang Pondasi Tipe 2

$$\begin{aligned}
 D \text{ pile cap} &= 1300 \text{ mm} \\
 D_b \text{ poer rencana} &= 25 \text{ mm} \\
 \text{Cover poer} &= 550 \text{ mm} \\
 D' &= h - \text{decking} - (0,5d_b \text{ poer}) \\
 &= 737,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u \text{ joint } 1,2D + 1,6L &= 1737,97 \text{ T} \\
 P_u \text{ merata} &= 53,48 \text{ T/m}^2 \\
 &= 0,534 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan geser dua arah pada poer,

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_{poer} - (H_{kolom} + t_{poer}) \times (B_{kolom} + t_{poer}) \\
 &= 41040000 - 2200d - d^2 \\
 &= 41040000 - (2860000) - (1690000) \\
 &= 36490000 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= P_u \cdot A_t \\
 &= 19513347,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$



**Persamaan 1**

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d, \beta_c = 0 \\
 &= 3,678 \cdot b_o \cdot d \\
 b_o &= \text{keliling penampang kolom} + 4d \\
 &= 4400 + 4 \cdot (1200) \\
 &= 9600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_c = 45897225,5 \text{ N}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$\phi = 0,75$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 19513347,3 \text{ N} &< 34422919,1 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

**Persamaan 2**

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_z \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 5266,99d + 28,73d^2 \\
 &= 6847086,09 + 48552065,03 \\
 &= 55399151,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$\phi = 0,75$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_c \\
 19513347,3 \text{ N} &\leq 41549363,3 \text{ N ( OK )}
 \end{aligned}$$

**Persamaan 3**

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 10470,52d + 9,52d^2 \\
 &= 13611677d + 16086527,6 \\
 &= 29698204,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton ( $V_c$ ),

$$\phi = 0,75$$

Syarat :

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_c \\ 19513347,3 \text{ N} &\leq 22273653,6 \text{ N ( OK )} \end{aligned}$$

#### 9.4.7 Penulangan Lentur Pile Cap Pondasi Tipe 2

Dimensi Pile Cap	B	= 6,5 m
	H	= 5,0 m
	T	= 1,2 m
Diameter tiang pancang		= 0,6 m
Jumlah tiang pancang		= 12 buah
Dimensi kolom	B	= 0,85 m
	H	= 0,85 m
Mutu beton, $F_c'$		= 52 Mpa
Pu maks,		
Kombinasi 2		= 7864,77 kg
Kombinasi 3		= 11682,53 kg

Momen – momen yang terjadi :

Arah X

$$\begin{aligned} A &= 2,875 \text{ m} \\ B &= \text{As tiang ke tepi kolom} \\ &= 1,875 \text{ m} \\ q_u &= \text{berat pile cap} \\ &= \text{Bpr. Tpr. Bj beton. A} \\ &= 53820 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Arah X} &= M_p - M_q \\ &= (P. \text{ Jarak B}) - (q_u. 0,5. \text{ Jarak A}) \\ &= 23546,25 \text{ kg.m} \\ &= 235462500 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Arah Y

$$\begin{aligned} A &= 2,215 \text{ m} \\ B &= \text{As tiang ke tepi kolom} \\ &= 1,125 \text{ m} \\ q_u &= \text{berat pile cap} \\ &= \text{Bpr. Tpr. Bj beton. A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 39780 \text{ kg} \\
 \text{Momen Arah Y} &= M_p - M_q \\
 &= (P \cdot \text{Jarak B}) - (q_u \cdot 0,5 \cdot \text{Jarak A}) \\
 &= 2486,25 \text{ kg.m} \\
 &= 24862500 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

### Penulangan :

Data perencanaan,

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat, } h &= 120 \text{ cm} \\
 \text{Tebal selimut} &= 7,5 \text{ cm} \\
 \text{Mutu beton} &= 30 \text{ Mpa} \\
 B_j \text{ beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Mutu baja, } D &= 390 \text{ Mpa} \\
 M &= 15,294 \\
 \beta &= 0,834 \\
 \text{Asumsi diameter tulangan} &= 2,5 \text{ cm} \\
 dx &= 111,25 \text{ cm} \\
 dy &= 108,75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Batasan :

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &= 0,0036 \\
 \rho \text{ maks} &= 0,0248 \\
 A_s \text{ min lentur} &= 24818,68 \text{ mm}^2 \\
 &= 119,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### Tulangan yang dibutuhkan :

	Mn	Rn	$\rho_{\text{perlu}}$	$\rho_{\text{pakai}}$	As
	N.mm/m				mm <sup>2</sup>
X	2,62E+08	0,032521146	0,0000834408	0,0036	25958,3333
Y	27625000	0,003593605	0,0000092150	0,0036	25375,0000

### Syarat Spasi tulangan :

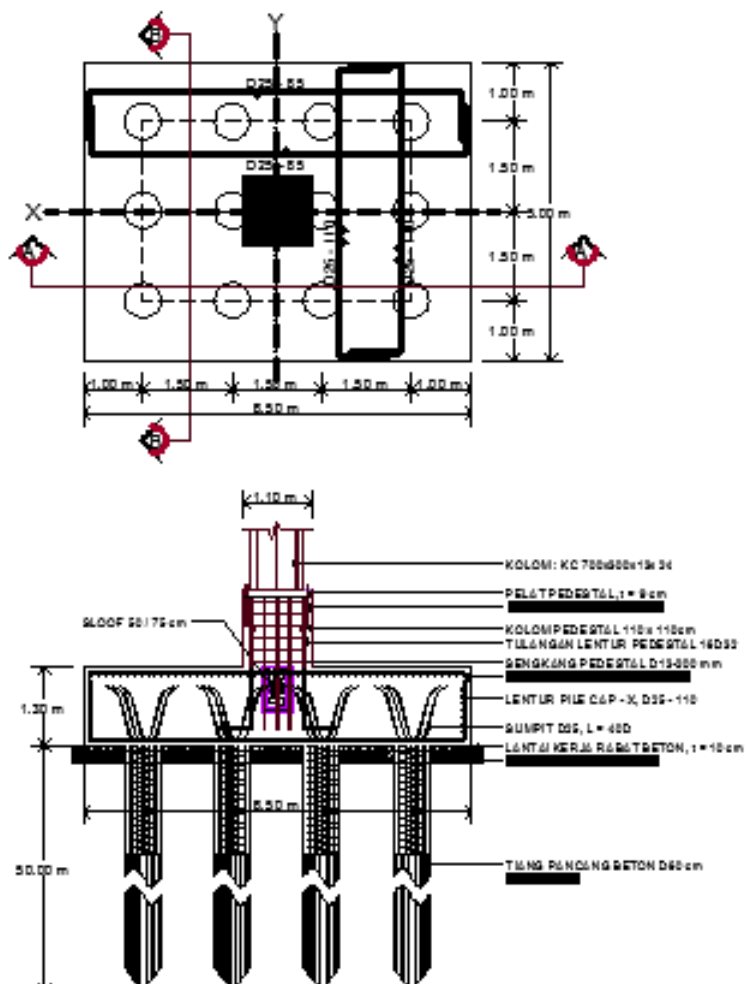
$$\begin{aligned}
 S \text{ maks} &< 3h, 3h &= 3,6\text{m} \\
 S \text{ X perlu} &= 122,92 \text{ mm} \\
 S \text{ pakai} &= 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

S X perlu	= 96,72 mm
S pakai	= 95 mm

Pemakaian tulangan :

Tulangan arah X : D25 – 110 mm, jumlah tulangan = 55 buah, As perlu = 26589 mm<sup>2</sup>.

Tulangan arah Y : D25 – 85 mm, jumlah tulangan = 535 buah, As perlu = 25835,47 mm<sup>2</sup>.



Gambar 9.3 Rencana Pondasi Tipe 2, Pile Cap  $t = 1,3$  m

## 9.5 Perencanaan Sloof

### 1. Data Perencanaan

Data-data yang digunakan untuk penulangan balok :

#### Data Desain Balok Primer

- Mutu beton,  $f'_c$  : 30 MPa
- Dimensi balok : 500 x 750 mm
- Bentang balok ( $L$ ) : 9000 mm
- Bentang bersih balok ( $L_n$ ) : 7950 mm
- Diameter tulangan lentur : 19 mm ,  $f_y=390$  MPa
- Diameter tulangan geser: 10 mm ,  $f_y=240$  MPa
- Diameter tulangan torsi : 13mm ,  $f_y=240$  MPa

#### Gaya Dalam Hasil Analisis Struktur

(diambil balok sloof 50 / 75 dengan bentang 9 meter)

### 2. Cek syarat komponen struktur penahan gempa.

Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2)

$$L_n = 7950 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 40 - 10 - (19/2) = 655,5 \text{ mm}$$

$$4d = 4 (655,5 \text{ mm}) = 2622 \text{ mm}$$

$L_n > 4d \rightarrow$  memenuhi syarat

Lebar komponen tidak boleh kurang dari 0,3  $h$  dan 250 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.5.3)

$$b/h = 500/750 = 0,67 \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

### 3. Rasio Penulangan

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} = 15,294$$

$$\rho_b = \beta 1,0,85 \frac{F_c'}{F_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 0,85 \frac{30 \text{ Mpa}}{100 \text{ Mpa}} \cdot \left( \frac{600}{600 + 390 \text{ Mpa}} \right)$$

$$= 0,0331$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0331 \\ &= 0,020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / F_y \\ &= 1,4 / 390 \text{ Mpa} = 0,0036 \end{aligned}$$

Syarat :  $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{maks}$   
 $\rho_{min} > \rho_{perlu}$  , maka gunakan  $\rho_{min}$

#### 4. Perhitungan tulangan longitudinal penahan lentur

##### a. Tulangan Tumpuan

$$M_u = -451,71 \text{ kNm} = -451713388 \text{ Nmm}$$

Estimasi kebutuhan tulangan awal :

Direncanakan menggunakan tulangan ganda. Asumsi awal penampang berada dalam kondisi *tension controlled* ( $\phi=0,9$ ), dan  $j d=0,9d$

##### ○ Cek momen nominal aktual :

$$M_{u \text{ kanan}} = M_{u \text{ kiri}} = 451713388 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{451713388 \text{ N.mm}}{0,9} = 501903764 \text{ N.mm}$$

Ambil harga  $x \leq 0,75 x_b$  untuk mencari titik berat, dimana :

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 390} \times 655,5 \text{ mm} = 397,27 \text{ mm}$$

$$x \leq 0,75 \times 397,27 \text{ mm} = 297,45 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil harga } x = 240 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,835 \times 30 \times 500 \times 240}{390} = 6559,38 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) = 6559,38 \times 390 \left( 655,5 - \frac{0,835 \times 240}{2} \right)$$

$$= 1420239269 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 501903764 - 1420239269 = -918335504,36 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan tekan (tulangan rangkap)}$$

○ **Perhitungan tulangan tumpuan :**

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{501903764 \text{ N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot (655,5 \text{ mm})^2} = 2,340 \text{ Mpa}$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \cdot F_y \cdot \left( 1 - \frac{0,5 \cdot \rho_{maks} \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c'} \right)$$

$$= 0,020 \cdot 390 \text{ Mpa} \left( 1 - \frac{0,5 \cdot (0,020) \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \right)$$

$$= 6,607 \text{ Mpa} > (R_n = 2,340 \text{ Mpa}) \text{-OK Memenuhi}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot F_c'}{F_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot F_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}}{390 \text{ Mpa}} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (2,340)}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0063$$

Kesimpulan :

$\rho_{perlu} > \rho_{min}$  , maka digunakan  $\rho_{perlu} = 0,0063$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0063 \cdot (500 \text{ mm}) \cdot (655,5 \text{ mm}) \\ &= 2062,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 0,5 \cdot 2062,54 \text{ mm}^2 \\ &= 1031,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan,

$$\begin{aligned} n - \text{As} &= \text{As} / A \\ &= 2062,54 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (19\text{mm})^2) \\ &= 2062,54 \text{ mm}^2 / 283,53 \text{ mm}^2 \\ &= 7,27 \text{ buah} \sim 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n - \text{As'} &= \text{As'} / A \\ &= 1031,27 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (19\text{mm})^2) \\ &= 1031,27 \text{ mm}^2 / 283,53 \text{ mm}^2 \\ &= 3,64 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tarik 8D - 19 mm , As pasang = 2268,24 mm<sup>2</sup>  
 > As perlu - OK. 2268,24

Dipakai tulangan tekan 4D - 19 mm , As' pasang = 1134,13 mm<sup>2</sup> > As' perlu - OK.

Catatan :

Tulangan tarik dan tekan dipasang dalam 1 lapis.

○ **Cek Kapasitas Penampang :**

$$d' = 94,5 \text{ mm}$$

$$d \text{ aktual} = 655,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{2268,24 \text{ mm}^2 (300 \text{ Mpa})}{0,85 (30) (500 \text{ mm})} \\ &= 86,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_{tulangan} \cdot F_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot (2268,24 \text{ mm}^2) \cdot 390 \text{ Mpa} \times \\ &\quad (655,5 \text{ mm} - (86,73 \text{ mm} / 2)) \\ &= 676880438,8 \text{ N.mm} > (M_n = 501903764 \text{ N.mm}) \\ &\quad \text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ **Cek kondisi penampang :**

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{86,73 \text{ mm}}{0,835} = 103,87 \text{ mm}$$

$$0,375d_t = 0,375 \times 655,5 \text{ mm} = 245,81 \text{ mm}$$

$c < 0,375d_t \rightarrow$  penampang *tension controlled* (asumsi awal benar)

○ **Cek batas penulangan :**

Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari  $1,4b_w d/f_y$  dan

$$\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d, \text{ serta rasio tulangan, } \rho, \text{ tidak melebihi } 0,025$$

(SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)

$$1,4b_w d/f_y = 1,4 \times 500 \times 655,5/390$$

$$= 1176,54 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s \text{ memenuhi syarat}$$

$$\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{30}}{390} 500 \times 654,5$$

$$= 1150,75 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s \text{ memenuhi syarat}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{2062,54}{500 \times 655,5}$$

$$= 0,0063 \rightarrow \rho \text{ memenuhi syarat}$$

○ **Kontrol spasi antar tulangan :**

Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok, spasi antar tulangan,  $s$ , ke muka tarik dibatasi tidak boleh melebihi

$$380\left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5c_c \text{ dan } 300(280/f_s) \text{ (SNI 2847:2013 pasal}$$

10.6.4). Karena tulangan tidak muat ditempatkan satu lapis, maka tulangan 7D25 ditempatkan dua lapis dengan 5 tulangan atas dan 2 tulangan bawah di masing-masing lapisan.

$$c_c = \text{tebal selimut} + \phi_{\text{senggang}} = 75 + 10 = 85 \text{ mm}$$

$$f_s = 2/3 f_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ MPa}$$

$$380\left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5c_c = 380\left(\frac{280}{260}\right) - 2,5(85) = 196,73 \text{ mm}$$

$$300\left(\frac{280}{f_s}\right) = 300\left(\frac{280}{260}\right) = 323 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2\text{tebal selimut} - 2D_{\text{senggang}} - (n \times D_{\text{tul lentur}})}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{500 \text{ mm} - 2(75 \text{ mm}) - 2(10 \text{ mm}) - (8 \times (19 \text{ mm}))}{8 - 1} \\ &= 25,43 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow s \text{ memenuhi syarat} \end{aligned}$$

### **b. Tulangan Lapangan**

$$M_u = 248,46 \text{ kNm} = 248457968 \text{ Nmm}$$

$$1/4\phi M_{\text{nterbesar}} = 1/4 \times 451,71 \text{ kN.m} = 112,92 \text{ kN.m}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/4 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Karena  $M_u > 1/4\phi M_n$ , maka untuk desain digunakan nilai  $M_u$ .

Estimasi kebutuhan tulangan awal :

Direncanakan menggunakan tulangan ganda. Asumsi awal penampang berada dalam kondisi *tension controlled* ( $\phi=0,9$ ), dan  $j d=0,9d$

○ **Cek momen nominal aktual :**

$$M_u \text{ lapangan} = 248457968 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{248457968 \text{ N.mm}}{0,9} = 276064409 \text{ N.mm}$$

Ambil harga  $x \leq 0,75 x_b$  untuk mencari titik berat, dimana :

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 390} \times 655,5 \text{ mm} = 397,27 \text{ mm}$$

$$x \leq 0,75 \times 397,27 \text{ mm} = 297,45 \text{ mm} \rightarrow \text{diambil harga } x = 240 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,835 \times 30 \times 500 \times 240}{390} = 6559,38 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) = 6559,38 \times 390 \left( 655,5 - \frac{0,835 \times 240}{2} \right)$$

$$= 1420239269 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 276064409 - 1420239269 = -1144174859,80 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan tekan (tulanga rangkap)}$$

○ **Perhitungan tulangan lapangan :**

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{276064409 \text{ N.mm}}{500 \text{ mm} \cdot (655,5 \text{ mm})^2} = 1,280 \text{ Mpa}$$

$$R_{maks} = \rho_{mak} \cdot F_y \cdot \left( 1 - \frac{0,5 \cdot \rho_{mak} \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c'} \right)$$

$$= 0,020 \cdot 390 \text{ Mpa} \left( 1 - \frac{0,5 \cdot (0,020) \cdot 390 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 30 \text{ Mpa}} \right)$$

$$= 6,607 \text{ Mpa} > (R_n = 1,280 \text{ Mpa}) - \text{OK Memenuhi}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85.Fc'}{F_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn.m}{0,85.Fc'}} \right) \\
 &= \frac{0,85.30Mpa}{390Mpa} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.(1,280).15,294}{0,85.30Mpa}} \right) \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$  , maka digunakan  $\rho_{min} = 0,0036$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0036 \cdot (500 \text{ mm}) \cdot (655,5 \text{ mm}) \\
 &= 1176,54 \text{ mm}^2 \\
 \text{As' perlu} &= 0,5 \cdot 1176,54 \text{ mm}^2 \\
 &= 588,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan,

$$\begin{aligned}
 n - \text{As} &= \text{As} / A \\
 &= 1176,54 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (19\text{mm})^2) \\
 &= 1176,54 \text{ mm}^2 / 283,53 \text{ mm}^2 \\
 &= 4,15 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah} \\
 n - \text{As'} &= \text{As'} / A \\
 &= 588,27 \text{ mm}^2 / (1/4 \cdot 3,14 \cdot (19\text{mm})^2) \\
 &= 588,27 \text{ mm}^2 / 283,53 \text{ mm}^2 \\
 &= 2,07 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tarik 5D - 19 mm , As pasang = 1417,65 mm<sup>2</sup>  
 $> \text{As perlu}$  - OK.

Dipakai tulangan tekan 3D - 19 mm , As' pasang = 708,83 mm<sup>2</sup>  
 $> \text{As' perlu}$  - OK.

Catatan :

Tulangan tarik dan tekan dipasang dalam 1 lapis.

○ **Cek Kapasitas Penampang :**

$$d' = 94,5 \text{ mm}$$

$$d \text{ aktual} = 655,5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1176,54 \text{ mm}^2 (300 \text{ Mpa})}{0,85(30)(500 \text{ mm})} = 54,20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \cdot A_t \text{ulangan} \cdot F_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot (1176,54 \text{ mm}^2) \cdot 390 \text{ Mpa} \times \\ &\quad (655,5 \text{ mm} - (54,20 \text{ mm} / 2)) \\ &= 434288515,6 \text{ N.mm} > (Mn = 276064409 \text{ N.mm}) \\ &\quad \text{( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

○ **Cek kondisi penampang :**

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{54,20 \text{ mm}}{0,835} = 64,91 \text{ mm}$$

$$0,375d_t = 0,375 \times 655,5 \text{ mm} = 245,81 \text{ mm}$$

$c < 0,375d_t \rightarrow$  penampang *tension controlled* (asumsi awal benar)

○ **Cek batas penulangan :**

Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari  $1,4b_w d / f_y$  dan

$$\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d, \text{ serta rasio tulangan, } \rho, \text{ tidak melebihi } 0,025$$

(SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)

$$\begin{aligned} 1,4b_w d / f_y &= 1,4 \times 500 \times 655,5 / 390 \\ &= 1176,54 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s \text{ memenuhi syarat} \end{aligned}$$

$$\frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{30}}{390} 500 \times 654,5$$

$$= 1150,75 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s \text{ memenuhi syarat}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{bd} = \frac{1176,54}{500 \times 655,5} \\ &= 0,0036 \rightarrow \rho \text{ memenuhi syarat} \end{aligned}$$

○ **Kontrol spasi antar tulangan :**

Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok, spasi antar tulangan,  $s$ , ke muka tarik dibatasi tidak boleh melebihi

$$380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5c_c \text{ dan } 300(280/f_s) \text{ (SNI 2847:2013 pasal}$$

10.6.4). Karena tulangan tidak muat ditempatkan satu lapis, maka tulangan 7D25 ditempatkan dua lapis dengan 5 tulangan atas dan 2 tulangan bawah di masing-masing lapisan.

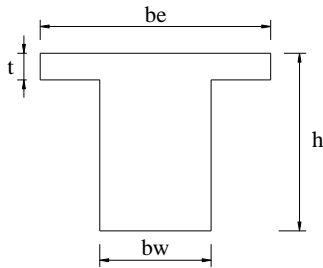
$$c_c = \text{tebal selimut} + \phi_{\text{senggang}} = 75 + 10 = 85 \text{ mm}$$

$$f_s = 2/3 f_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ MPa}$$

$$380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5c_c = 380 \left( \frac{280}{260} \right) - 2,5(85) = 196,73 \text{ mm}$$

$$300 \left( \frac{280}{f_s} \right) = 300 \left( \frac{280}{260} \right) = 323 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2\text{tebal selimut} - 2D_{\text{senggang}} - (n \times D_{\text{tul lentur}})}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{500 \text{ mm} - 2(75 \text{ mm}) - 2(10 \text{ mm}) - (5 \times (19 \text{ mm}))}{5 - 1} \\ &= 58,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow s \text{ memenuhi syarat} \end{aligned}$$

Kontrol balok T

$$b_e = \frac{1}{4} \times L_b = \frac{1}{4} \times 9000 = 2250 \text{ mm}$$

$$= b_w + (8 \cdot t) = 500 + (8 \cdot 240) = 2420 \text{ mm (menentukan)}$$

$$= \frac{1}{2} \times (L_b - b_w) = \frac{1}{2} \times (9000 - 500) = 4250 \text{ mm}$$

Jadi,  $b_e$  diambil = 2420 mm

$$A_s = 1417,65 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1417,65 \times 390}{0,85 \times 30 \times 500} = 43,36 \text{ mm}$$

$$X = \frac{a}{\beta} = \frac{43,36}{0,835} = 51,93 \text{ mm} < 240 \text{ mm} \Rightarrow x \leq t ; \text{ dipakai balok } T \text{ palsu.}$$

Kontrol kekuatan

$$d_{\text{aktual}} = 750 - 40 - 10 - 19/2 = 655,5 \text{ mm (dipasang tul 1 baris)}$$

$$A_s \text{ pasang} = 1417,65 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 1417,65 \text{ mm}^2$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1417,65 \cdot 390 \left( 655,5 - \frac{43,36}{2} \right)$$



$$= 350428620 \text{ N.mm} > (M_n = 276064409 \text{ N.mm}) \rightarrow Ok$$

## 5. Penulangan Geser Balok

### ○ Perhitungan gaya geser desain, $V_e$

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan oleh nilai terbesar dari hasil analisis struktur atau dari hasil peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka *joints* di setiap ujung komponen struktur.

$$V_{u1} = \frac{M_n^- + M_n^+}{L_n} + \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

$$L_n = 9 - (0,5 \cdot 1,1) - (0,5 \cdot 1,0) = 7,95 \text{ m}$$

#### 1) Momen tumpuan negatif

$$a = \frac{A_s \cdot 1,25 f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \left( \frac{2268,24 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 30 \times 500} \right) = 86,73 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left( d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2268,24 \times 1,25 \times 390 \left( 655,5 - \frac{86,73}{2} \right) = 31432264590 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 2) Momen tumpuan positif

$$a = \frac{A_s \cdot 1,25 f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \left( \frac{1134,12 \times 1,25 \times 390}{0,85 \times 30 \times 500} \right) = 43,36 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \cdot \left( d_{\text{aktual}} - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1134,12 \times 1,25 \times 390 \left( 655,5 - \frac{43,36}{2} \right) = 7857160111 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

### ○ Gaya geser total pada muka tumpuan (muka kolom s/d 2h)

$$W_u.L/2 = 357,57 \text{ kN}$$

$$W_u = 79461 \text{ N/m}$$

$$\begin{aligned} V_{e,A} &= \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L} + W_u.L/2 \\ &= \left( \frac{31432,65 \text{ kN.m} + 7857,16 \text{ kN.m}}{7,95} \right) + 357,57 \text{ kN} \\ &= 5299,68 \text{ kN} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{e,B} &= \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{L} - W_u.L/2 \\ &= \left( \frac{927301933 + 563599979}{7200} \right) - 262770 \\ &= 4584,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_c = 0 \quad (\text{SNI2847:2013 pasal 21.5.4(2)})$$

$$\phi = 0,75 \quad (\text{SNI2847:2013 pasal 9.3.2(3)})$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_e}{\phi} - V_c \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl.13.5.4.1}) \\ &= \frac{5299,68 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 7066,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut **SNI 2847:2013 ps 21.5.3(2)** :

$$s < d/4 = 655,55/4 = 164 \text{ mm}$$

$$s < 6\phi \text{ tulangan memanjang} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm} \quad (\text{menentukan})$$

$$s < 150 \text{ mm}$$

Senggang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut **SNI-2847-2002 pasal 23.3.3(4)** :

$$s < d/2 = 655,5 \text{ mm}/2 = 327,75 \text{ mm} \quad (\text{menentukan})$$

Dipakai diameter sengkang = 10 mm

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 157 \text{ mm}^2 ; f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 655,5}{7066240} = 349,5 \text{ mm} < S_{maks}$$

∴ Dipasang 2Ø10-100 mm sepanjang 2h = 2.750 = 1500 mm dari muka kolom, dimana tulangan geser pertama dipasang 5 cm dari muka kolom.

#### ○ **Penulangan Geser Lapangan Balok**

Pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (>2h)

Pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (>2h = 1400 mm)

$$V_{u \text{ lap}} = V_{eA} - (2h \cdot W_u) = 5299,68 \text{ kN} - (1,5 \times 79,46 \text{ kN}) = 5180,49 \text{ kN}$$

Untuk daerah di daerah luar sendi plastis ini, kuat geser beton diperhitungkan yakni sebesar :

$$V_s = \frac{V_u}{\Phi} - 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b_w d = \frac{5180,490 \text{ N}}{0,75} - 0,17 \times 1 \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 655,5 = 6602142,684$$

Dipakai diameter sengkang = 10 mm

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \cdot 10^2 = 157 \text{ mm}^2 ; f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 655,5}{6602142,68} = 374,1 \text{ mm} > S_{maks}$$

$$s < d/2 = 655,5/2 = 327,75 \text{ mm}$$

$$S_{\max} < 600 \text{ mm}$$

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut **SNI 2847:2013 ps 21.5.3(2)** :

$$s < 8\emptyset \text{ tulangan memanjang} = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$s < 24\emptyset \text{ tulangan sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$$

∴ Dipasang 2Ø10 – 200 mm pada daerah luar sendi plastis

**Cek dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor**

Dimensi penampang untuk menahan torsi terfaktor harus memenuhi (SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1) :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$b_h = b - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{\text{sengkan}} = 500 - 2(75) - 10 = 340 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{\text{sengkan}} = 750 - 2(75) - 10 = 590 \text{ mm}$$

$$p_h = 2(b_h + h_h) = 2(340 + 590) = 1860 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = b_h \times h_h = 340 \times 590 = 200600 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} b_w d = 0,17 \sqrt{30} \times 500 \times 655,5 = 305177,32 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{5180490}{500 \times 655,5}\right)^2 + \left(\frac{263361,97 \times 1860}{1,7 (200600)^2}\right)^2} = 15,8 \text{ Mpa}$$

$$\phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right) = 0,75 \frac{305177,32 \text{ N}}{500 \times 655,5} + 0,66 \sqrt{30} = 4,31 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} > \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

→ Tidak memerlukan tulangan torzi

## 6. Penulangan Torsi Balok 50/75

### o Perhitungan tulangan transversal penahan torsi

Dalam menghitung tulangan transversal penahan torsi nilai  $A_o$  dapat diambil sama dengan  $0,85 A_{oh}$ , dan nilai  $\theta = 45^\circ$  (SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6)

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 170510 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi 2A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{263361,97}{0,75 \times 2 \times 170510 \times 390 \times \cot 45^\circ}$$

$$= 0,0004 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

○ **Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi**

$$A_t = \frac{A_t}{s} p_h \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta = 0,0004 \times 1860 \left( \frac{390}{390} \right) \cot^2 45^\circ = 0,372 \text{ mm}^2$$

$$A_\lambda = \frac{A_t}{s} P_h \left( \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cos^2 \theta \text{ (SNI2847:2013 pasal 11.5.3.7)}$$

$$= 0,0004 \times 1860 \times (240/240) \times 1 = 0,744 \text{ mm}^2$$

**Pasang Tulangan Torsi Longitudinal**

Gunakan  $A_\lambda = 0,744 \text{ mm}^2$ . Untuk mendistribusikan  $A_\lambda$  secara sama di semua empat muka balok tersebut, gunakan  $\frac{1}{4}A_\lambda$  di dua sudut teratas dan  $\frac{1}{4}A_\lambda$  di dua sudut terbawah.

$$\frac{A_\lambda}{4} = \frac{0,744 \text{ mm}^2}{4} = 0,186 \text{ mm}^2$$

Gunakan batang 2 Ø13 mm = 265,5 mm<sup>2</sup> di setiap sisi samping kiri kanan balok baik di sepanjang tumpuan maupun lapangan bentang.

**7. Kontrol Retak Balok 50/75**

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang

dipengaruhi cuaca luar. Selain itu spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh lebih.

$$S = 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c \quad \text{pasal 10.6(4)(10-4)}$$

$$S = 380 \left( \frac{280}{240} \right) - 2,5 \times 75 = 255,83 \text{ mm}$$

$$\text{Dan tidak boleh lebih dari } 300 \times \frac{280}{f_s} = 300 \frac{280}{240} = 350 \text{ mm}$$

### 8. Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D19 berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2, dimana untuk nilai  $\lambda_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm dan untu perhitungan adalah sebagai berikut:

a. Panjang penyaluran tulangan tarik:

Diketahui  $d_b = 19 \text{ mm}$ ;  $\alpha = 1,3$ ;  $\beta = 1,0$ ;  $\lambda = 1,0$

$$\begin{aligned} \lambda d &= d_b \times \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \sqrt{f'_c}} \\ &= 19 \times \frac{3 \times 390 \times 1,3 \times 1 \times 1}{5 \sqrt{30}} = 1055,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_d > 300 \text{ mm}$$

dipakai panjang penyaluran tulangan tarik 1100 mm  $\approx 1,1 \text{ m}$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan:

$$\lambda_d = d_b \times \frac{f_y}{4 \sqrt{f'_c}}$$

$$= 19 \times \frac{390}{4\sqrt{30}} = 338,22 \text{ mm}$$

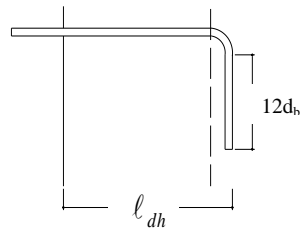
$\lambda_d > 300 \text{ mm} \rightarrow$  dipakai panjang penyaluran tulangan  
 tekan  $500 \text{ mm} \approx 0,5 \text{ m}$

c. Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik:

$$c_b = 75 + 10 + 19/2 = 94,5 \text{ mm}$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

$$= \left( \frac{390}{1,1 \times 1 \sqrt{30}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left( \frac{94,5 + 0}{19} \right)} \right) 19 = 247,28 \text{ mm}$$



Dari nilai (1), (2), dan (3) diambil nilai, yaitu  $1100 \text{ mm}$

## 9.6 Kolom Pedestal

### 9.6.1 Kolom Pedestal Tipe 1 ( 110/110 cm )

Tinggi kolom	: 1,2 m
Dimensi Kolom	: 1100 x 1100 mm
Mutu beton $f'_c$	: 40 Mpa
Mutu baja $f_y$	: 390 Mpa
Ø tul memanjang	: D32 mm (ulir)
Ø tul sengkang	: D12 mm (ulir)

#### 1. Cek syarat komponen struktur penahan gempa

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi  $A_g f'_c / 10$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.1).

$$P_u = 14445,88 \text{ kN}$$

$$V_u = 216,682 \text{ kN}$$

$$M_2 = 511,73 \text{ kN.m}$$

$$M_1 = 394,87 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{1100 \times 1100 \times 40}{10} = 4840000 \text{ N} = 4840 \text{ kN}$$

$$P_u > \frac{A_g f'_c}{10} \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI2847:2013 pasal 21.6.1.1)

Sisi terpendek kolom = 1100 mm  $\rightarrow$  syarat terpenuhi

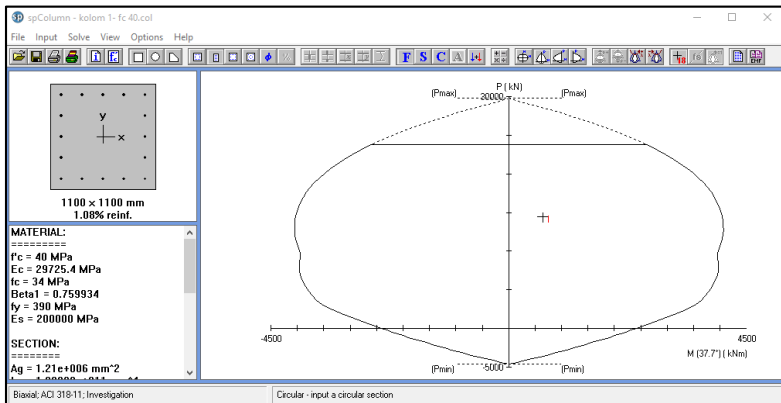
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI2847:2013 pasal 21.6.1.2)

$$\frac{b}{h} = \frac{1100}{1100} = 1 \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

#### 2. Tentukan tulangan longitudinal penahan lentur.

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,06A_g$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.3.1). Dari trial error dengan SP COLUMN didapat konfigurasi tulangan longitudinal 16D32 dengan  $\rho = 1,08\%$  seperti pada Gambar di bawah ini.





**Gambar 7.6** Diagram Interaksi P-M SP COLUMN

## 2. Menentukan nilai $M_{nc}$

Nilai  $M_{nc}$  didapat dari diagram interaksi  $P-M$  dengan SP COLUMN. Untuk kolom pedestal Tipe 1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	14445.88	511.73	394.87	3194.06	2464.66	6.242	1023	1390	0.00108	0.650

\*\*\* End of output \*\*\*

Nilai  $M_{nc}$  Kolom Pedestal Tipe 1 – Output SP Column

$$M_{nx} = 3194,06 \text{ kN}$$

$$M_{ny} = 2464,66 \text{ kN}$$

## 3. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*.

- Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung

kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (SNI32847:2013 pasal 21.6.4.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint,  $h=1100\text{ mm}$  (digunakan)
- $\frac{1}{6}$  bentang bersih komponen struktur  
 $\frac{1}{6}L_n = \frac{1}{6} \times (1200) = 200\text{ mm}$
- 450 mm

b. Tentukan spasi maksimum *hoop*,  $s_{max}$ , pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar dari (SNI2847:2013 pasal 21.6.4.3):

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum  
 $\frac{b}{4} = \frac{1100}{4} = 275\text{ mm}$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192\text{ mm}$
- $s_o$ , dengan  $s_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.

$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5(1100 - 2(75) - 13/2)}{3} = 40,58\text{ mm}$$

Digunakan spasi *hoop* sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom 100 mm.

c. Penentuan luas tulangan *confinement*.

Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$b_c$  = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= b - 2(\text{selimut} + 1/2 d_b) = 1100 - 2(75 + 1/2 \times 22) = 928\text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2t_{selimut}) \times (h - 2t_{selimut}) = (1100 - 2(75)) \times (1100 - 2(75)) = 902500\text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 0,3 \left( \frac{100 \times 974 \times 75}{390} \right) \left( \frac{1100^2}{902500} - 1 \right) = 914,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{b_c f'_c}{f_{yt}} = 0,09 \frac{100 \times 928 \times 75}{390} = 1362,12 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang (hoop) 4D22-100

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 4 \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 1362,12 \text{ mm}^2 \dots \dots \text{memenuhi.} \end{aligned}$$

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI2847:2013 pasal 21.6.45) :

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- 150 mm

#### 4. Perhitungan gaya geser desain, $V_e$

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai berikut ini :

$$V_c = 1 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1 \left( 1 + \frac{14445880 \text{ N}}{14(1100 \text{ mm} \times 1100 \text{ mm})} \right) \frac{1}{6} \sqrt{40} \cdot 1100 \text{ mm} \cdot 874 \text{ mm} \\ &= 864198,46 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,5 \cdot 0,75 \cdot V_c \\ &= 0,5 \times 0,75 \times 864198,46 \text{ N} \\ &= 324074,42 \text{ N} > 216682 \text{ N ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

Cek apakah kontribusi beton diabaikan atau tidak dalam menahan gaya geser desain (untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom)

Kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila (SNI32847:2013 pasal 21.6.5.2) :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa,  $V_{sway}$ , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$ .
- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u = 14445,88$  kN kurang dari  $A_g f'_c / 10$ .

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{1100 \times 1100 \times 40}{10} = 4840000 \text{ N} = 4840 \text{ kN}$$

Karena  $P_u > \frac{A_g f'_c}{10}$  kontribusi beton perlu diperhitungkan.

- a. Hitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.
  - Hitung kuat geser beton bila dianggap berkontribusi menahan geser

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{14445880 \text{ N}}{14(1100^2)} \right) 1 \sqrt{40} \times 1100 \times (1100 - 75 - 22 - 32/2) = 2162,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Hitung tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{216,682}{0,75} - 2162,77 = -1873,86 \text{ kN}$$

→ Tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan. Digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai confinement 4D22-100.

- Untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) digunakan spasi minimum sesuai (SNI32847:2013 pasal 21.6.45) :
  - 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
  - 150 mm
 Digunakan hoop 4D16-100.

##### 5. Perhitungan sambungan lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3l_d$ . SNI3-2847:2012 pasal 12.15.1). Besarnya  $l_d$  ditetapkan berdasarkan SNI:2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai  $K_{tr} = 0$  untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b = \left( \frac{390}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left( \frac{113 + 0}{32} \right)} \right) 32 = 507,99 \text{ mm}$$

$$1,3l_d = 1,3 \times 508 = 660,4 \text{ mm}$$

Karena kolom merupakan kolom pendek, maka tidak perlu digunakan sambungan lewatan.

### Kolom Pedestal Tipe 2 ( 100/100 cm )

Tinggi kolom	: 1,2 m
Dimensi Kolom	: 1000 x 1000 mm
Mutu beton $f'_c$	: 40 Mpa
Mutu baja $f_y$	: 390 Mpa
Ø tul memanjang	: D32 mm (ulir)
Ø tul sengkang	: D22 mm (ulir)

1. Cek syarat komponen struktur penahan gempa

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi  $A_g f'_c / 10$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.1).

$$P_u = 12051,87 \text{ kN}$$

$$V_u = 85,7785 \text{ kN}$$

$$M_2 = 251,885 \text{ kN.m}$$

$$M_3 = 68,679 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{1000 \times 1000 \times 40}{10} = N = 4000 \text{ kN}$$

$$P_u > \frac{A_g f'_c}{10} \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI2847:2013 pasal 21.6.1.1)

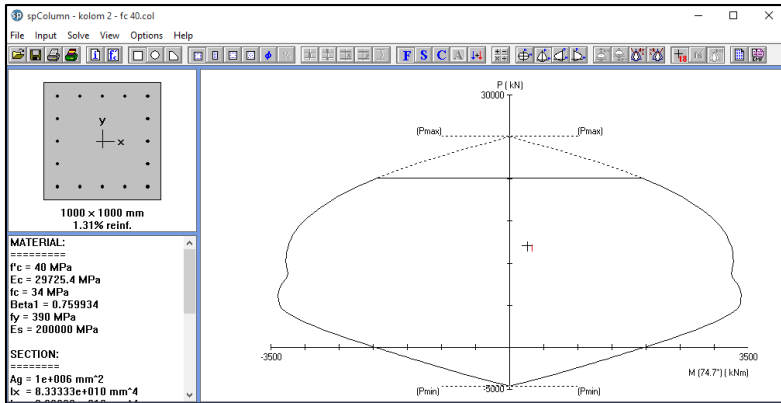
Sisi terpendek kolom = 1100 mm  $\rightarrow$  syarat terpenuhi

- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI2847:2013 pasal 21.6.1.2)

$$\frac{b}{h} = \frac{1000}{1000} = 1 \rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

2. Tentukan tulangan longitudinal penahan lentur.

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,06A_g$  (SNI2847:2013 pasal 21.6.3.1). Dari trial error dengan SP COLUMN didapat konfigurasi tulangan longitudinal 16D32 dengan  $\rho = 1,08\%$  seperti pada Gambar di bawah ini.



**Gambar 7.6** Diagram Interaksi P-M SP COLUMN – Pedestal Tipe 2

Menentukan nilai  $M_{nc}$

Nilai  $M_{nc}$  didapat dari diagram interaksi  $P$ - $M$  dengan SP COLUMN. Untuk kolom pedestal Tipe 1 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:										
No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	12051.86	68.68	251.88	854.26	3132.96	12.438	846	1133	0.00102	0.650
*** End of output ***										

Nilai Mnc Kolom Pedestal Tipe 2– Output SP Column

$$\begin{aligned} M_{nx} &= 854,26 \text{ kN} \\ M_{ny} &= 3132,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*.

- Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (SNI32847:2013 pasal 21.6.4.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint,  $h=1100\text{mm}$  (digunakan)
  - $1/6$  bentang bersih komponen struktur  
 $1/6 L_n = 1/6 \times (1200) = 200\text{ mm}$
  - 450 mm
- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*,  $s_{max}$ , pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar dari (SNI2847:2013 pasal 21.6.4.3):

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum  
 $\frac{b}{4} = \frac{1000}{4} = 250\text{ mm}$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192\text{ mm}$
- $s_o$ , dengan  $s_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.

$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5(1000 - 2(75) - 22/2)}{3} = 52\text{ mm}$$

Digunakan spasi *hoop* sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom 100 mm.

c. Penentuan luas tulangan *confinement*.

Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$b_c$  = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= b - 2(\text{selimut} + 1/2 d_b) = 1000 - 2(75 + 1/2 \times 22) = 839\text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2t_{selimut}) \times (h - 2t_{selimut}) = (1000 - 2(75)) \times (1000 - 2(75)) = 722500\text{ mm}^2$$



$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 0,3 \left( \frac{100 \times 839 \times 75}{390} \right) \left( \frac{1000^2}{722500} - 1 \right) = 859,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{b_c f'_c}{f_{yt}} = 0,09 \frac{100 \times 839 \times 75}{390} = 1452,12 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang (hoop) 4D22-100

$$\begin{aligned} A_{spasang} &= 4 \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 1452,12 \text{ mm}^2 \dots \dots \text{memenuhi.} \end{aligned}$$

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI2847:2013 pasal 21.6.45) :

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$
- 150 mm

#### 4. Perhitungan gaya geser desain, $V_e$

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai berikut ini :

$$V_c = 1 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1 \left( 1 + \frac{12051870 \text{ N}}{14(1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm})} \right) \frac{1}{6} \sqrt{40} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 963 \text{ mm} \\ &= 873839,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,5 \cdot 0,75 \cdot V_c \\ &= 0,5 \times 0,75 \times 873839,02 \text{ N} \\ &= 327689,63 \text{ N} > 85778 \text{ N ( OK Memenuhi )} \end{aligned}$$

Cek apakah kontribusi beton diabaikan atau tidak dalam menahan gaya geser desain (untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom)

Kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila (SNI32847:2013 pasal 21.6.5.2) :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa,  $V_{sway}$ , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$ .
- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u = 12051,86$  kN kurang dari  $A_g f'_c / 10$ .

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{1000 \times 1000 \times 40}{10} = 4000000 \text{ N} = 4000 \text{ kN}$$

Karena  $P_u > \frac{A_g f'_c}{10}$  kontribusi beton perlu diperhitungkan.

Hitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.

- Hitung kuat geser beton bila dianggap berkontribusi menahan geser

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{12051860 \text{ N}}{14(1000^2)} \right) 1 \sqrt{40} \times 1000 \times (1000 - 75 - 22 - 32/2) = 1774,65 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Hitung tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{85,778}{0,75} - 1774,65 = -1660,28 \text{ kN}$$

→ Tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan. Digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai confinement 4D22-100.

- Untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi  $l_o$  di masing-masing ujung kolom) digunakan spasi minimum sesuai (SNI32847:2013 pasal 21.6.45) :

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$

- 150 mm

Digunakan hoop 4D16-100.

##### 5. Perhitungan sambungan lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah  $1,3l_d$ . SNI3-2847:2012 pasal 12.15.1). Besarnya  $l_d$  ditetapkan berdasarkan SNI:2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai  $K_{tr} = 0$  untuk penyederhanaan desain.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{I, I \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b = \left( \frac{390}{I, I \times 1 \sqrt{40}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left( \frac{113 + 0}{32} \right)} \right) 32 = 507,99 \text{ mm}$$

$$1,3l_d = 1,3 \times 508 = 660,4 \text{ mm}$$

Karena kolom merupakan kolom pendek, maka tidak perlu digunakan sambungan lewatan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB X**

### **METODE PELAKSANAAN BALOK DAN KOLOM**

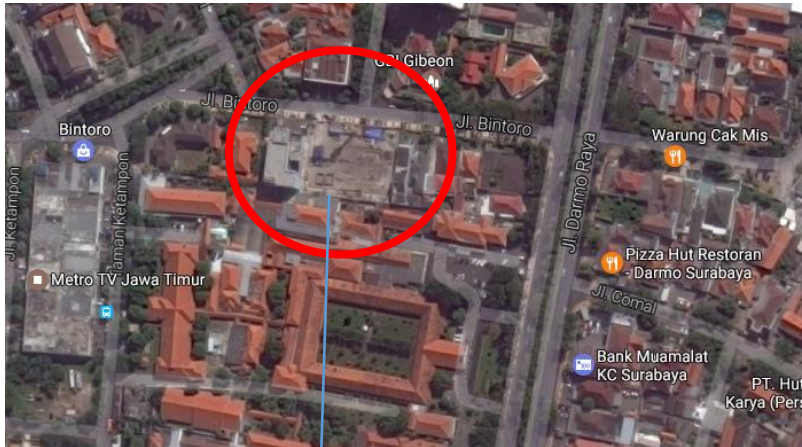
#### **10.1 Metode Pelaksanaan Struktur Balok dan Kolom Baja**

Perencanaan metode pelaksanaan sangat berperan dalam suatu proses konstruksi sebuah bangunan. Penggunaan metode yang tepat dan sesuai dengan kondisi proyek diharapkan dapat membantu proses pembangunan agar lebih efektif, efisien dan aman. Target yang ingin dicapai pada pelaksanaan elemen struktur “Balok dan Kolom” adalah 3T : tepat mutu atau kualitas, tepat biaya atau kuantitas, dan tepat waktu.

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi ada kalanya diperlukan metode terobosan yang belum tentu sesuai dengan perencanaan untuk menyelesaikan pekerjaan lapangan. Khususnya untuk menghadapi kendala-kendala yang diakibatkan oleh kondisi lapangan yang tidak sesuai dengan dugaan sebelumnya. Oleh karena itu, penerapan metode pelaksanaan konstruksi bangunan struktur baja yang disesuaikan dengan kondisi lapangan, akan sangat membantu dalam penyelesaian pembangunan.

Struktur bangunan baja memerlukan teknik khusus dalam pembangunannya. Oleh karena itu, perencanaan metode pelaksanaan elemen struktur “Balok dan Kolom” sangat diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah dalam proses konstruksi bangunan struktur baja.

### 10.1.1. Lokasi Pekerjaan

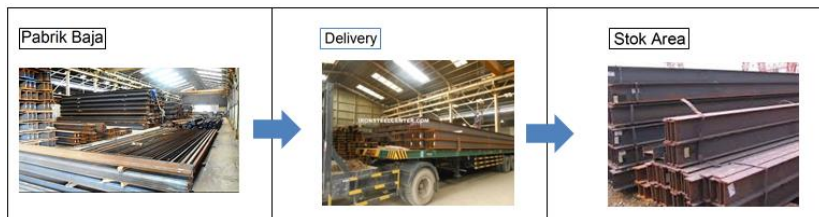


Hotel Swiss Belinn Darmo – Jl. Bintoro No. 21 -  
25 Surabaya

### 10.1.2. Pengadaan dan Penanganan Material di Lapangan

Profil dan smabunganbaja yang digunakan berasal dari pabrik dengan skema pengadaan barang sebagai berikut :

Skema :



### 10.1.3. Kondisi Lapangan

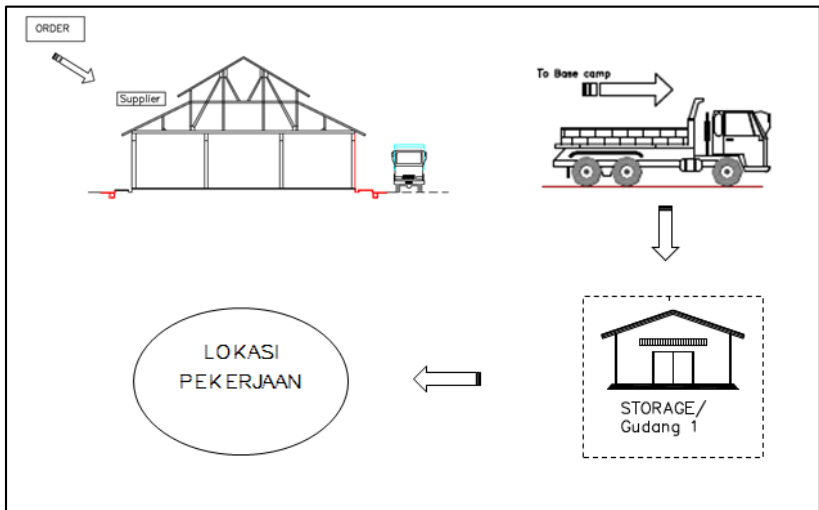
Sebelum merencanakan metode pelaksanaan suatu struktur bangunan hendaknya kita mengetahui kondisi lapangan baik itu topografi, geologis dan iklim atau cuaca untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan.

1. Topografi :
  - Berada di pusat kota, daerah padat penduduk.
  - Bersebelahan dengan RS. Darmo Surabaya.
2. Geologis :
  - Jenis tanah pada lokasi pembangunan hotel swiss belinn adalah tanah
3. Iklim dan Cuaca :  
Iklim dan cuaca beberapa tahun terakhir tidak menentu, apalagi di tahun ini Indonesia merupakan salah satu negara terdampak badai El nino dan La nina. Perkiraan iklim dan cuacanya adalah sebagai berikut :
  - Musim Hujan : Oktober – April
  - Musim kemarau : April – Oktober

### 10.1.4. Skema Pengadaan Material dan Bahan

Skema :





**Gambar 10.1 Skema Pengadaan Material dan Bahan Bangunan**

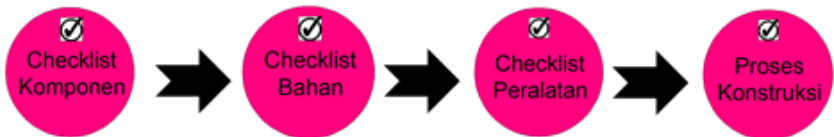
### 10.1.5. Prosedur Konstruksi

Berikut ini adalah langkah-langkah yang telah direncanakan untuk pengkonstruksian jembatan gantung pejalan kaki yang akan direncanakan. Langkah-langkah ini dibuat berdasarkan peraturan “Pedoman Pemasangan Jembatan Gantung Produksi PT. Amarta Karya” dan berdasarkan analisa penulis sesuai dengan kondisi lapangan dari hasil survey. Untuk memastikan kelancaran pekerjaan perlu dilakukan pengecekan menyeluruh sebagai berikut :

- a. Checklist komponen struktur yang telah dibuat berdasarkan pesanan, periksa komponen struktur yang telah dikirim ke lapangan jangan sampai ada yang kurang dan kerusakan ketika proses pengiriman.
- b. Checklist bahan. Periksa ketersediaan bahan yang dibutuhkan di lapangan, jangan sampai ketersediaan



- pasokan bahan telat sehingga dapat menghambat proses konstruksi jembatan.
- c. Checklist peralatan. Periksa kondisi alat-alat yang digunakan sebelum digunakan untuk proses konstruksi, pastikan alat yang digunakan dalam kondisi yang baik.
  - d. Pengawasan proses konstruksi. Pastikan pelaksanaan konstruksi sesuai dengan yang direncanakan baik dimensi struktur, bahan yang digunakan dan metode pelaksanaannya. Hal-hal urgent pelaksanaan konstruksi yang terjadi di lapangan cara penyelesaiannya bersifat fkelexible.
  - e. Berikan perhatian khusus pada elemen struktur yang proses pengerjaannya membutuhkan perhatian khusus, misalnya : komponen profil balok dan baja , baut, pelat dll.



#### 10.1.6. Pelaksanaan Konstruksi Elemen Balok dan Kolom

Pekerjaan Baja ada 4 tahapan :

- a. Perencanaan dan Penggambaran
- b. Fabrikasi
- c. Erection
- d. Pasca Erection

##### a. Perencanaan dan Penggambaran

Mekanisme perencanaan dan penggambaran konstruksi baja.

Dalam mekanisme diatas pada bagian yang dipisahkan oleh garis putus-putus ini adalah bila dalam pelaksanaannya di kerjakan oleh sub kontraktor lain. Dalam perencanaan konstruksi baja ini yang terpenting adalah selalu diadakan check and re- check gambar baja

dengan konsultan (bila ada) antara gambar baja dengan struktur atau dengan arsitek/sipil.

### Pemahaman gambar baja.

Konsep pemahaman gambar-gambar Baja / Gambar Pelaksanaan sebelum masuk bengkel :

1. Denah keseluruhan, ukuran -ukuran total bangunan, jarak dan dimensi
2. Detail-detail gambar ( yang terkait dengan tabel baja ) :
  - \* Sambungan
  - \* Pengelasan
  - \* Baut-baut
  - \* Angkur-angkur / pengangkuran
  - \* Profil : yang tersedia di pasaran sesuai dengan perhitungan

Dalam gambar detail baja untuk ukuran-ukuran yang biasanya tidak ditentukan seperti misalnya pada kelekan kuda-kuda portal sebaiknya dipakai standarisasi ukuran yang biasa dipakai, jadi tidak menggunakan skala.

### **b. Fabrikasi**

Setelah gambar kerja telah di check dan recheck serta disetujui oleh Pimpinan Teknik untuk di laksanakan maka pihak bengkel dapat segera melaksanakan fabrikasi di bengkel atau di site dengan selalu diadakan pengawasan dan pengecekan oleh pelaksana. Untuk pekerjaan baja yang terkait dengan gambar sipil seperti misalnya pengangkuran dan stek-stek, agar dibuat terlebih dahulu untuk dapat segera dipasang.

### **c. Pengukuran**

Fungsi : Pemegang Struktur atas ( Kolom / Kuda-kuda) pada posisi yang sebenarnya / tepat.

Penempatan dan pemasangan angkur ,As-as kolom, cara menentukannya adalah :

- \* Buat Bouwplank setempat.
- \* Mal pengangkuran dari multiplex  $t = 9$  mm dan diberi as
- \* Angkur dipasang di mal dan diberi 2 baut dan dipasang pada atas dan bawah mal.
- \* Ditarik benang / as ditarik 2 arah sesuai mal membentuk 2 arah siku
- \* Angkur di las dengan besi beton kolom dengan elevasi atas waterpass.
- \* Begesting kolom dipasang.
- \* Kolom dicor
- \* Mal angkur dilepas

Untuk plat landas yang lebih tebal dari 16 mm sebaiknya tebal mal sesuai dengan tebal plat atau angkur dicek vertikalnya satu persatu.

Berdasarkan tumpuannya :

- a. Tumpuan pada kolom pedestal,  
Fungsi : Jepit - sendi ----> harus sesuai dengan perhitungan struktur.
- b. Tumpuan pada kolom atas.  
Fungsi : Jepit - Jepit  
Sendi - Sendi  
Sendi – Rol

Pengangkuran baja dilaksanakan oleh Sipil di bawah Supervisi dari divisi baja, hal ini dimaksudkan untuk menghindari hal-hal yang

tidak diinginkan bila terjadi masalah pada saat erection oleh divisi baja.



**Gambar 10.2 Pelaksanaan Struktur Kolom di Lapangan**

#### **d. Pengelasan**

Peralatan :

1. Generator / Genset
2. Onvomer/ Trafo las
3. Kabel las + dan -
4. Stang las (handle)
5. Topeng las
6. Kawat las

Kawat las yang biasa dipakai ada 3 jenis :

Diameter 2,6 mm untuk Pelat baja tipis, diameter 3,2 mm, dan 4,0 mm untuk plat baja yang lebih tebal Selain itu type Kawat RD 460 dan RD 260, yang biasa dipakaialadalah type RD 460.

Energi / daya yang digunakan untuk pengelasan yang sempurna :

- Untuk kawat diameter 2,6 mm -----> 3.000 Watt - 8.000 Watt
  - Untuk kawat diameter 3,2 dan 4,0 mm -----> 5.000 Watt 12000 Watt
- Dihindarkan adanya pengelasan pokok setelah kap baja terpasang terhadap bahaya keruntuhan.

Yang sangat penting untuk hasil yang ingin kita capai dalam melas konstruksi baja, ialah cara melas, dimana yang perlu diperhatikan adalah keserbasamaan (keseragaman) dan rupa las, serta kematangan pengelasan. Setelah pengelasan biasanya akan timbul kerak-kerak las ini harus dibersihkan dengan cara diketok-ketok dengan palu (hammer).



**Gambar 10.3 Proses Pkerjaan Sambungan Elemen Struktur**

### **e. Ereksi**

Persiapan dan peralatan :

1. Box
2. Tali tambang
3. Tali baja
4. Liyer
5. Takel
6. Peralatan Las
7. Blander
8. Kunci / Kunci momen
9. Alat Bantu (bbalok-balok kayu, dll)

Man Power untuk Erection :

Untuk Erection baja harus dipersiapkan tenaga kerja yang memadai. Tenaga kerja ini dapat dibagi menurut pekerjaannya :

- Langsiran baja yang telah difabrikasi ditempatkan di lokasi menurut kode-kode yang ada.
- Tenaga penarik Liyer dan tali baja.
- Tenaga yang menempat baja pada posisi untuk dipasang baut-baut.
- Tenaga pemasangan tali baja / tali tambang
- Tenaga pengelasan, pasang gording dan pasang mur baut, serta supervisi.



**Gambar 10.4 Ereksi Elemen Balok dan Kolom Baja**

Contoh Erection Kuda-kuda Portal dan Kolom IWF :

1. Schedule fabrikasi dan erection.
2. Perencanaan arah erection, penempatan bahan hasil fabrikasi, misalnya :

Untuk kuda-kuda / kap baja vakwerk sesuai dengan kode-kode yang terdapat pada Shop drawing.

3. Erection kolom IWF dengan box pipa
4. Pemasangan Regel / koker antar kolom
5. Box besar dipasang pada kuda Kuda-kuda yang pertama
  - Ketinggian box min 3 m dari puncak kuda-kuda
  - Jumlah box tergantung dari bentang kuda-kuda  $< 23$  m menggunakan

1 Box , (  $L < 23$  m = 1 Box,  $23 < L < 46$  = 2 Box )

Penarikan tambang/sling pada baja untuk kuda-kuda  $> 23.00$  m pada 4 arah.

Untuk beban berat harus pakai sling baja.

6. Kuda-kuda dirangkai di bawah.

Pemeriksaan awal terhadap panjang dan hasil pengelasan.

7. Kuda-kuda pada bagian atas diikat dengan tali baja yang ditarik

dengan Liyer.

(dicheck kekakuan horisontal awal apakah perlu pengaku tambahan ).

8. Samping kanan / kiri kuda-kuda diberi tali tambang untuk menjaga posisi agar tidak terpuntir atau dipegang dengan box pipa.

9. Bentang kuda-kuda yang sudah dirangkai dicheck bentangnya = bentang kolom

10. Kuda - kuda dibaut pada kolom.

11. Box Utama digeser pada posisi kuda-kuda kedua.

12. Selanjutnya kuda-kuda yang telah dirangkai dibawah dan telah dicheck panjang dan pengelasan segera diangkat dan dipasang. (sesuai langkah 5 s/d 10).

13. Setelah 2 kuda-kuda terpasang, untuk membantu kekakuan segera dipasang gording dan ikatan angin.

14. Untuk kuda-kuda ketiga dan seterusnya dengan langkah yang sama.

Untuk penumpukan bahan kap baja, beban bahan diperhitungkan terhadap kekuatan plat atau balok beton.

Pada erection awal koordinator harus berada di lapangan untuk supervisi langsung.

Selama erection berlangsung, pelaksana lapangan harus mengikuti jalannya erection serta berfungsi sebagai supervisi.

#### **f. Pasca Ereksi**

1. Pemeriksaan tegaklurus (lot) dari kolom.

2. Pemeriksaan pemasangan baut / las (Check Total)

3. Semua sambungan dicheck

4. Pengecatan ulang meni besi



5. Periksa lendutan apakah sesuai dengan batas yang diberi oleh koordinator.
6. Pengerjaan grouting bawah base plate dengan semen grouting (bila ada)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB XI**

### **KESIMPULAN**

#### **11.1 Kesimpulan**

Berikut ini adalah hasil perhitungan dan analisis desain yang telah penulis lakukan berdasarkan peraturan – peraturan yang ada :

##### **1. Rangka Atap**

Gording	: WF 150x75x5x7
Penggantung Gording	: Ø 10 mm
Ikatan Angin (Trelstang)	: Ø 10 mm
Kuda – Kuda	: WF 500x200x10x16
Tiang Kuda-Kuda	: HY 500x300x16x25

##### **2. Struktur Sekunder**

Pelat Atap	: t = 9 cm, tulangan utama D8-200, tulangan bagi D8-200
Pelat Atap	: t = 13 cm, tulangan utama D10-200, tulangan bagi D8-200
Balok Anak Atap	: WF 300x150x6,5x9
Balok Anak Lantai	: WF 350x173x7x14
Tangga Tipe 1	: Tulangan utama D13-150, tulangan bagi D10-200
Balok Bordes	: WF 350x175x7x11
Balok Penggantung Lift	: WF 350x175x7x11
Balok Separator Lift	: WF 250x125x6x9

##### **3. Struktur Primer**

- Balok Induk Komposit Memanjang (Arah X)
 

HY 450x300x12x22	: Rasio = 0,236 ; $\Delta$ = 16,54 mm < 22,22 mm ; Stud 78D22
HY 450x300x12x25	: Rasio = 0,612 ; $\Delta$ = 17,66 mm < 22,22 mm ; Stud 86D22

- Balok Induk Melintang Komposit (Arah Y)
  - HY 450x300x12x22 : Rasio = 0,540 ;  $\Delta$  = 17,66 mm < 22,22 mm ; Stud 86D22
  - HY 450x300x12x25 : Rasio = 0,691 ;  $\Delta$  = 16,22 mm < 22,22 mm ; Stud 78D22
  - HY 500x300x16x32 : Rasio = 0,691 ;  $\Delta$  = 22,54 mm < 25,00 mm ; Stud 114D22
  - HY 650x300x14x28 : Rasio = 0,593 ;  $\Delta$  = 30,97 mm < 33,33 mm ; Stud 110D22
  - HY 650x300x16x32 : Rasio = 0,621 ;  $\Delta$  = 31,43 mm < 33,33 mm ; Stud 124D22
  - WF 450x200x9x14 : Rasio = 0,612
- Bresing
  - WF 390x300x10x16 Arah X : Rasio = 0,427
  - WF 400x200x8x13 Arah X : Rasio = 0,600
  - WF 390x300x10x16 Arah Y : Rasio = 0,546
  - WF 400x200x8x13 Arah Y : Rasio = 0,680
- Kolom Komposit
  - K1 : Dimensi 110x110 cm; KC 700x300x13x24
  - K2 : Dimensi 100x100 cm: KC 588x300x12x20

#### 4. Sambungan

##### Sambungan Balok – Balok

- WF 450x300x12x25 – WF 350x175x7x11 (Badan 2M16; Sayap 3M16)
- WF 450x300x12x22 – WF 350x175x7x11 (Badan 2M16; Sayap 3M16)
- WF 650x300x16x32 – WF 350x175x7x11 (Badan 4M16; Sayap 6M16)
- WF 500x300x16x32 – WF 350x175x7x11 (Badan 3M16; Sayap 4M16)
- WF 450x300x12x22 – WF 450x300x12x22 (Badan 3M16; Sayap 3M16)
- WF 450x300x12x25 – WF 450x300x12x22 (Badan 3M16; Sayap 3M16)

- WF 450x300x12x25 – WF 450x300x12x25 (Badan 3M16;Sayap 3M16)

Sambungan Balok – Kolom

- WF 450x300x12x25 – KC 588x300x12x20 (Badan 3M20;Sayap 6M20)
- WF 450x300x12x22 – KC 588x300x12x20 (Badan 3M20;Sayap 6M20)
- WF 650x300x16x32 – KC 588x300x12x20 (Badan 3M20;Sayap 8M20)
- WF 650x300x14x28 – KC 588x300x12x20 (Badan 4M20;Sayap 6M20)
- WF 500x300x16x32 – KC 588x300x12x20 (Badan 4M20;Sayap 6M20)
- WF 650x300x16x32 – KC 700x300x13x24 (Badan 4M20;Sayap 8M20)
- WF 500x300x16x32 – KC 700x300x13x24 (Badan 4M20;Sayap 6M20)
- WF 450x200x9x14– KC 588x300x12x20 (Badan 2M20;Sayap 6M20)

Sambungan Bresing - Balok

- WF 390x300x10x16 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x10M20;Sayap 2x10M20) ; Arah X
- WF 400x200x8x13 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x8M20;Sayap 2x8M20) ; Arah X
- WF 390x300x10x16 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x10M20;Sayap 2x10M20) ; Arah Y
- WF 400x200x8x13 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x8M20;Sayap 2x8M20) ; Arah Y

Sambungan Bresing - Kolom

- WF 390x300x10x16 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x10M20;Sayap 2x10M20) ; Arah X
- WF 400x200x8x13 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x8M20;Sayap 2x8M20) ; Arah X
- WF 390x300x10x16 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x10M20;Sayap 2x10M20) ; Arah Y

- WF 400x200x8x13 – WF 450x300x12x22 (Badan 2x8M20; Sayap 2x8M20) ; Arah Y

#### Sambungan Kolom – Kolom

- KC 700x300x13x24 – KC 700x300x13x24 (Badan 2x8M24; Sayap 2x8M24)
- KC 588x300x12x20 – KC 588x300x12x20 (Badan 2x8M20; Sayap 2x8M20)
- KC 700x300x13x24 – KC 588x300x12x20 (Badan 2x8M24; Sayap 2x8M24)

#### Sambungan Base Plate

- Tipe 1 : Dimensi 110 x 110 cm; t pelat = 10 cm; angkur D24, L = 50 cm
- Tipe 1 : Dimensi 110 x 110 cm; t pelat = 10 cm; angkur 12D24, L = 50 cm
- Tipe 1 : Dimensi 100 x 100 cm; t pelat = 9 cm; angkur 12D19, L = 50 cm

### 5. Struktur Bangunan Bawah

#### Pondasi

- Pondasi Tipe 1 : Tiang pancang berongga 12D60 cm; Dimensi pile cap 6,5 m x 5 m x 1,2 m; Tulangan X = D25-95 mm, Y = D25-120 mm
- Pondasi Tipe 1 : Tiang pancang berongga 12D60 cm; Dimensi pile cap 6,5 m x 5 m x 1,3 m; Tulangan X = D25-85 mm, Y = D25-110 mm

#### Sloof

- Dimensi sloof 50 x 75 cm; Tulangan tumpuan tarik 8D19 – tekan 4D19; Tulangan lapangan tarik 5D119 – tekan 3D19; Tulangan geser tumpuan D10-100 – lapangan D10-200

#### Pondasi

- Pedestal Tipe 1 : Dimensi 110 x 110 cm; Tulangan lentur 16D32, Tulangan geser 4D22-100 mm
- Pedestal Tipe 1 : Dimensi 100 x 100 cm; Tulangan lentur 16D32, Tulangan geser 4D22-100 mm

### **11.2 Saran**

1. Penulis menyarankan dan berharap agar kedepannya lebih banyak lagi dilakukan penelitian tentang struktur bangunan baja khususnya di Indonesia untuk mempermudah dan mengembangkan desain struktur bangunan baja di Indonesia khususnya bangunan gedung.
2. Sebaiknya dilakukan studi perbandingan antara Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK) untuk menemukan sistem struktur yang terbaik dalam menahan gempa selain itu juga ekonomis.

\

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2005), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- American Institute of Steel Construction. (2010), *Specifications for Structural Steel Buildings AISC 360-10*. AISC, Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013) *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)*. Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2015)*. Bandung : BSN.
- Casita, Cintantya Budi. (2015). *Modifikasi Perencanaan Struktur Perkantoran MNC Tower dengan Menggunakan Baja-Beton Komposit*. Surabaya : ITS.
- Csernak, F Stephen ; Jack C McCormac. (2012). *Structural Steel Design*. USA : Pearson Educations, Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Dewobroto, Wiryanto. (2016). *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010 Edisi ke-2*. Tangerang: Penerbit UPH.

Engelhardt, Michael D., (2007). *Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures*. USA :University of Texas.

Fauzi, Aan. (2011). *Modifikasi Perencanaan Menggunakan Sistem Rangka Bering Konsentris Khusus pada Gedung Apartemen Metropolis*. Surabaya : ITS.

G. Salmon, Charles & John E. Johnson. (1991). *Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1 Edisi 2*. Diterjemahkan oleh Ir. Wira M.ScE. Jakarta : Erlangga.

Gunawan, Rudi. (1991). *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.

Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)*. Jakarta : Erlangga.

Nakazawa, Kazuto. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi..* Diterjemahkan oleh Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Williams, Alan. (2015). *Structural Engineering Reference Manual*. California : Professional Publications, Inc.

## LAMPIRAN

### Brosur Penutup Atap “Sun Panel”



**SUN panel**  
MODERN ROOFING CONSTRUCTION

SPESIFIKASI TEKNIS



Lebar / efektif	:	830mm / 770 mm
Panjang	:	4m, 5m, 6m (request)
Bahan Baku	:	PVC dengan Anti UV & Heat Stabilizer
Tebal	:	12 mm
Jarak Reng / Gording	:	1.2 Meter
Sudut Kemiringan	:	15
Berat	:	4.4 kg/M <sup>2</sup>
Tipe	:	Doff (Solid Color) -Semi Transparan / TR
Pilihan Warna	:	Biru Muda & Putih



**SUN panel**  
MODERN ROOFING CONSTRUCTION

APLIKASI


- Atap Gudang & Pabrik
- Atap Peternakan & Agrikultur
- Atap Bangunan Komersial  
(Gedung Olahraga, Mall, Pertokoan dll)
- Canopy Garasi & Teras



Tabel Profil Baja “ PT. Gunung Garuda”

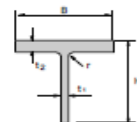
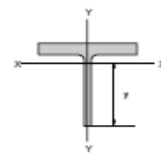
T-Beam

Metric Size | JIS 3192

Sectional Index	Standard Sectional Dimension					Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference								Remarks
	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Center of Gravity	Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section			
			Web	Flange					$I_x$	$I_y$	$i_x$	$i_y$	$Z_x$	$Z_y$		
															$t_f$	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>		
T 50 x 100	50	100	6	8	10	10.95	8.6	40	16	67	1.2	2.47	4	13.4		
T 62.5 x 125	62.5	125	6.5	9	10	15.16	11.9	50.6	35	147	1.51	3.11	6.9	23.5		
T 75 x 75	75	75	5	7	8	8.93	7	57	42	25	2.18	1.67	7.4	6.6		
T 75 x 150	75	150	7	10	11	20.07	15.75	61.3	66	282	1.81	3.75	10.8	37.6		
T 100 x 100	100	100	5.5	8	11	13.58	10.65	71.7	114	67	2.9	2.22	14.8	13.4		
T 99 x 100	99	100	4.5	7	11	11.59	9.1	78.1	94	58	2.84	2.25	12	11.7		
T 87.5 x 175	87.5	175	7.5	11	12	25.61	20.1	72	114	492	2.11	4.38	15.8	56.2		
T 100 x 200	100	200	8	12	13	31.77	24.95	82.7	184	801	2.41	5.02	22.2	80.1		
T 125 x 125	125	125	6	9	12	18.83	14.8	97.2	248	147	3.63	2.79	25.5	23.5		
T 124 x 124	124	124	5	8	12	16.34	12.85	97.7	207	127	3.56	2.79	21.2	20.5		
T 125 x 250	125	250	9	14	16	46.09	36.2	104.2	411	1825	2.98	6.29	39.4	146		
T 150 x 150	150	150	6.5	9	13	23.39	18.35	115.9	463	254	4.45	3.29	39.9	33.8		
T 149 x 149	149	149	5.5	8	13	20.4	16	116.4	393	221	4.39	3.29	33.7	29.6		
T 150 x 300	150	300	10	15	18	59.9	47	125.3	796	3378	3.64	7.51	63.5	225.2		
T 175 x 175	175	175	7	11	14	31.57	24.8	137.5	814	492	5.08	3.95	59.2	56.3		
T 173 x 174	173	174	6	9	14	26.34	20.7	136	678	396	5.07	3.88	49.9	45.5		
T 175 x 350	175	350	12	19	20	86.95	68.85	146.4	1515	6794	4.17	8.84	103.5	388.2		
T 200 x 200	200	200	8	13	16	42.06	33	157.7	1395	868	5.76	4.54	88.5	86.8		
T 198 x 199	198	199	7	11	16	36.08	28.3	156.3	1193	723	5.75	4.48	76.3	72.7		
T 200 x 400	200	400	13	21	22	109.35	86	167.9	2470	11207	4.75	10.12	147.1	560.4		
T 225 x 200	225	200	9	14	18	48.38	38	173.5	2155	936	6.67	4.4	124.2	93.6		
T 250 x 200	250	200	10	16	20	57.1	44.8	190.5	3210	1071	7.5	4.33	168.5	107.1		
T 300 x 200	300	200	11	17	22	67.2	53	221.6	5786	1139	9.29	4.12	261.9	113.9		
T 294 x 300	294	300	12	20	28	96.25	75.5	233.2	6695	4509	8.34	6.84	295.3	300.6		
T 350 x 300	350	300	13	24	28	117.75	92.5	274.5	12015	5412	10.1	6.78	447.3	360.8		
T 400 x 300	400	300	14	26	28	133.7	105	308.3	18787	5866	11.85	6.62	609.5	391.1		

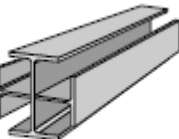

## NOTE :

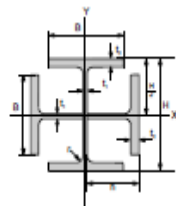
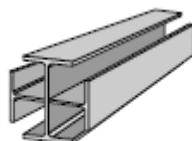
- Material specification refer to Wides Flange (W/F)
- Tolerance H= ± 2mm
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



## King Cross

Metric Size

Standard Sectional Dimension						Sectional Area	Unit Weight	Informative Reference						Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness		Corner Radius			Geometrical Moment of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		
			Web	Flange										
			H	B				t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	r <sub>x</sub>	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	
K 150 x 75	150	75	5	7	8	35.7	28	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1	 
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9	
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6	
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9	
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2	
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9	
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.6	64	6,762	7,024	9.1	9.28	453.8	462.9	
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	5,128	10.75	10.95	831.7	847.5	
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0	
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132	25,440	26,519	12.3	12.55	1,272	1,299.9	
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1	
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7	
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.4	179.2	29,940	52,189	14.79	15.7	1,997.6	2,046.6	
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.8	212	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4	
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385	302	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5	
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3	
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.8	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2	

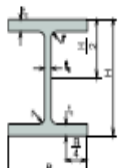
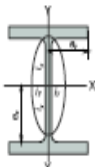


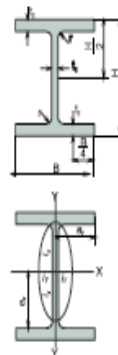
## NOTE :

- $H = H/2$  = Height of T-Beam
- Material specification refer to Wisco Forge (WFO)
- Tolerance  $H = \pm 2\text{mm}$
- Wisco specification as per AWS E-6013
- Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

## WIDE FLANGE (IWF)

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE						REMARKS
								GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r				A	Ix	Iy	ix	iy	Zy	
mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	Kg/12m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	 
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1	
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0	
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8	
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6	
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1	
300 x 150	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0	
	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3	
350 x 175	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7	
	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	469.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0	
400 x 200	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112	
	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 010	145	
450 x 200	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174	
	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187	
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214	
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228	



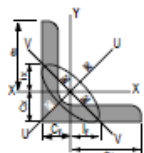
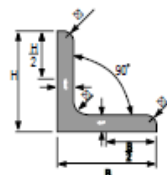
NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

## EQUAL ANGLE

Metric Size

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE								MODULUS OF SECTION	REMARKS
H x B		t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>					A	CENTER OF GRAVITY	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA			RADIUS OF GYRATION OF AREA				
H x B		t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	C <sub>x</sub> = C <sub>y</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	Max I <sub>u</sub>	Min I <sub>v</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	Max I <sub>u</sub>	Min I <sub>v</sub>	Z <sub>x</sub> = Z <sub>y</sub>					
mm x mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	kg/6m	kg/12m	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>		
50 x 50	5	6.5	3		4.802	3.77	22.62	45.24	1.410	11.100	17.50	4.580	1.520	1.91	0.98	3.080		
50 x 50	6	6.5	4.5		5.644	4.43	26.58	53.16	1.440	12.600	20.00	5.230	1.500	1.88	0.96	3.550		
60 x 60	5	6.5	3		5.802	4.55	27.5	55	1.660	19.600	31.20	8.090	1.840	2.32	1.18	4.520		
60 x 60	6	8	4		6.910	5.40	32.5	65	1.700	22.790	36.16	9.420	1.820	2.29	1.17	5.280		
65 x 65	5	8.5	3		6.367	5.00	30	60	1.770	25.300	40.10	10.500	1.990	2.51	1.28	5.350		
65 x 65	6	8.5	4		7.527	5.91	35.5	71	1.810	29.400	46.60	12.200	1.980	2.49	1.27	6.260		
65 x 65	8	8.5	6		9.761	7.66	46	92	1.880	36.800	58.30	15.300	1.940	2.44	1.25	7.960		
70 x 70	6	8.5	4		8.127	6.38	38.5	77	1.930	37.100	58.90	15.300	2.140	2.69	1.37	7.330		
75 x 75	6	8.5	4		8.727	6.85	41	82	2.060	46.100	73.20	19.000	2.300	2.90	1.48	8.470		
80 x 80	6	8.5	4		9.230	7.32	43.9	87.8	2.180	56.400	89.60	23.200	2.460	3.10	1.58	9.700		
90 x 90	7	10	5		12.220	9.59	57.6	115.2	2.460	93.000	148.00	38.300	2.760	3.48	1.77	14.200		
90 x 90	10	10	7		17.000	13.30	80	160	2.570	125.000	199.00	51.700	2.710	3.42	1.74	19.500		
100 x 100	7	10	5		13.620	10.70	64	128	2.710	129.000	205.00	53.200	3.080	3.88	1.98	17.700		
100 x 100	10	10	7		19.000	14.90	89.5	179	2.820	175.000	278.00	72.000	3.040	3.83	1.95	24.400		
120 x 120	8	12	5		18.760	14.70	88	176	3.240	258.000	410.00	106.000	3.710	4.87	2.38	29.500		
120 x 120	11	13	6.5		25.370	19.90	119.5	239	3.300	340.000	541.00	140.000	3.660	4.82	2.35	39.360		
120 x 120	12	13	6.5		27.540	21.60	130	260	3.400	367.000	583.00	151.000	3.650	4.80	2.35	42.680		
130 x 130	9	12	6		22.740	17.90	107.4	214.8	3.530	366.000	583.00	150.000	4.010	5.06	2.57	38.700		
130 x 130	12	12	8.5		29.760	23.40	140.5	281	3.640	467.000	743.00	192.000	3.960	5.00	2.54	49.900		
150 x 150	12	14	7		34.770	27.30	164	328	4.140	740.000	1,180.00	304.000	4.610	5.82	2.96	68.100		
150 x 150	15	14	10		42.740	33.60	202	404	4.240	888.000	1,410.00	365.000	4.560	5.75	2.92	82.600		
150 x 150	19	14	10		53.380	41.90	251.5	503	4.400	1,090.000	1,730.00	451.000	4.520	5.69	2.91	103.000		
175 x 175	12	15	11		40.520	31.80	191	382	4.730	1,170.000	1,860.00	480.000	5.380	6.78	3.44	91.800		
175 x 175	15	15	11		50.210	39.40	236.5	473	4.850	1,440.000	2,290.00	589.000	5.350	6.75	3.48	114.000		
200 x 200	15	17	12		57.750	45.30	272	544	5.460	2,180.000	3,470.00	891.000	6.140	7.75	3.93	150.000		
200 x 200	20	17	12		76.000	59.70	358	716	5.670	2,820.000	4,490.00	1,160.000	6.090	7.68	3.90	197.000		
200 x 200	25	17	12		93.750	73.60	442	884	5.860	3,420.000	5,420.00	1,410.000	6.040	7.61	3.88	242.000		
250 x 250	25	24	12		119.400	93.70	562	1124	7.100	6,950.000	11,000.00	2,860.000	7.630	9.82	4.89	388.000		
250 x 250	35	24	18		162.600	128.00	768	1536	7.450	9,110.000	14,400.00	3,790.000	7.490	9.42	4.83	519.000		

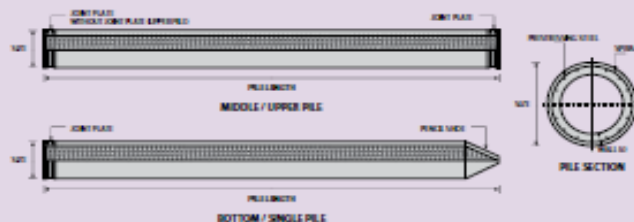
NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity





## Tiang Pancang “Wika Beton”

### PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f'_c = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg}/\text{m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack + (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)  
 \*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position  
 \*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Marina Shoe

Unit Conversion: 7 ton = 9,8066 kN

## Data Tanah

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.1.1. BORING LOG				BOREHOLE # : DB-1					
PROJECT : Darmo Centrum Condotel.		DATE OF TESTING : Sept 28 to Oct 2, 2011				GROUND WATER LEVEL : -2.36 m					
STATION : Jl. Bintoro 21-25, Surabaya.		DEPTH : 50 m				GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m					
DEPTH m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST		STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS		γ	Gs	e <sub>o</sub>	Sr
		TYPE		C		φ					
0	Fill, sand and gravel, brown, mixed with bricks.	5		50		30 45 58		1.63	2.57	1.48	100
1	Silt and clay, brown, inorganic, little to some sand, medium	6		UCT		0.39					
2		5						1.51	2.60	2.15	100
3		6									
4	Sand, grey, fine to coarse grained, trace silt, loose.	9						1.51	2.60	2.15	100
5		11									
6		11						1.51	2.60	2.15	100
7	Clay and silt, grey, inorganic, little to some sand, contains shells, very soft.	11		Vane		0.17					
8		6						1.51	2.60	2.15	100
9		7									
10		9						1.51	2.60	2.15	100
11	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, stiff to very stiff.	12									
12		13						1.51	2.60	2.15	100
13		20									
14	Clay and fine sand, brownish grey, inorganic, some silt, very stiff.	21						1.51	2.60	2.15	100
15		19									
16		10						1.51	2.60	2.15	100
17		16									
18		18						1.51	2.60	2.15	100
19	Clay and silt, grey, inorganic, trace sand, very stiff.	16									
20		19						1.51	2.60	2.15	100
21		18									
22		21						1.51	2.60	2.15	100
23		23									
24		24						1.51	2.60	2.15	100
25		25									
26								1.51	2.60	2.15	100
27											
28								1.51	2.60	2.15	100
29											
30								1.51	2.60	2.15	100
31											
32								1.51	2.60	2.15	100
33											
34								1.51	2.60	2.15	100
35											
36								1.51	2.60	2.15	100
37											
38								1.51	2.60	2.15	100
39											
40								1.51	2.60	2.15	100
41											
42								1.51	2.60	2.15	100
43											
44								1.51	2.60	2.15	100
45											
46								1.51	2.60	2.15	100
47											
48								1.51	2.60	2.15	100
49											
50	End of boring							1.51	2.60	2.15	100
51											

0 to 10 % = Trace

• Undisturbed sample

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

• Retained / unconsolidated undisturbed

○ = W<sub>n</sub>

• Moisture content, %

0 to 10 % = Trace

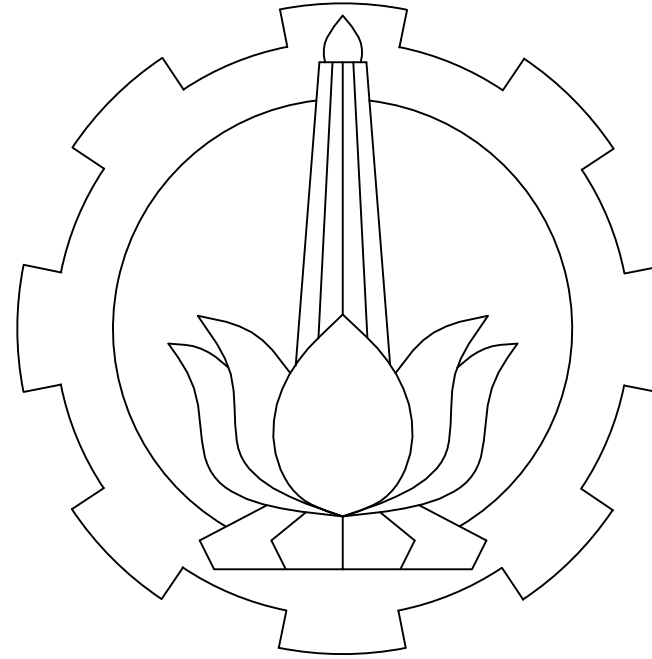
□ = Undisturbed sample

SPT = Standard penetration test (blows / ft)

L.C.T. = Liquid limit (consolidation method)

○ = W<sub>n</sub> = Moisture content, %● = W<sub>u</sub> = Plastic limit, %

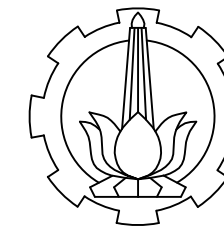
**MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL  
SWIS BELINN DARMO CENTRUM MENGGUNAKAN STRUKTUR  
BAJA SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS (SRBK)  
BERDASARKAN SNI 1729 : 2015**



**NAMA MAHASISWA :  
SUWARNI  
NRP. 3113041099**

**DOSEN PEMBIMBING :  
Ir. SUNGKONO, CES.  
NIP. 19591130 198601 1 00**

**DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 1

SKALA

1 : 250

KODE  
GAMBAR

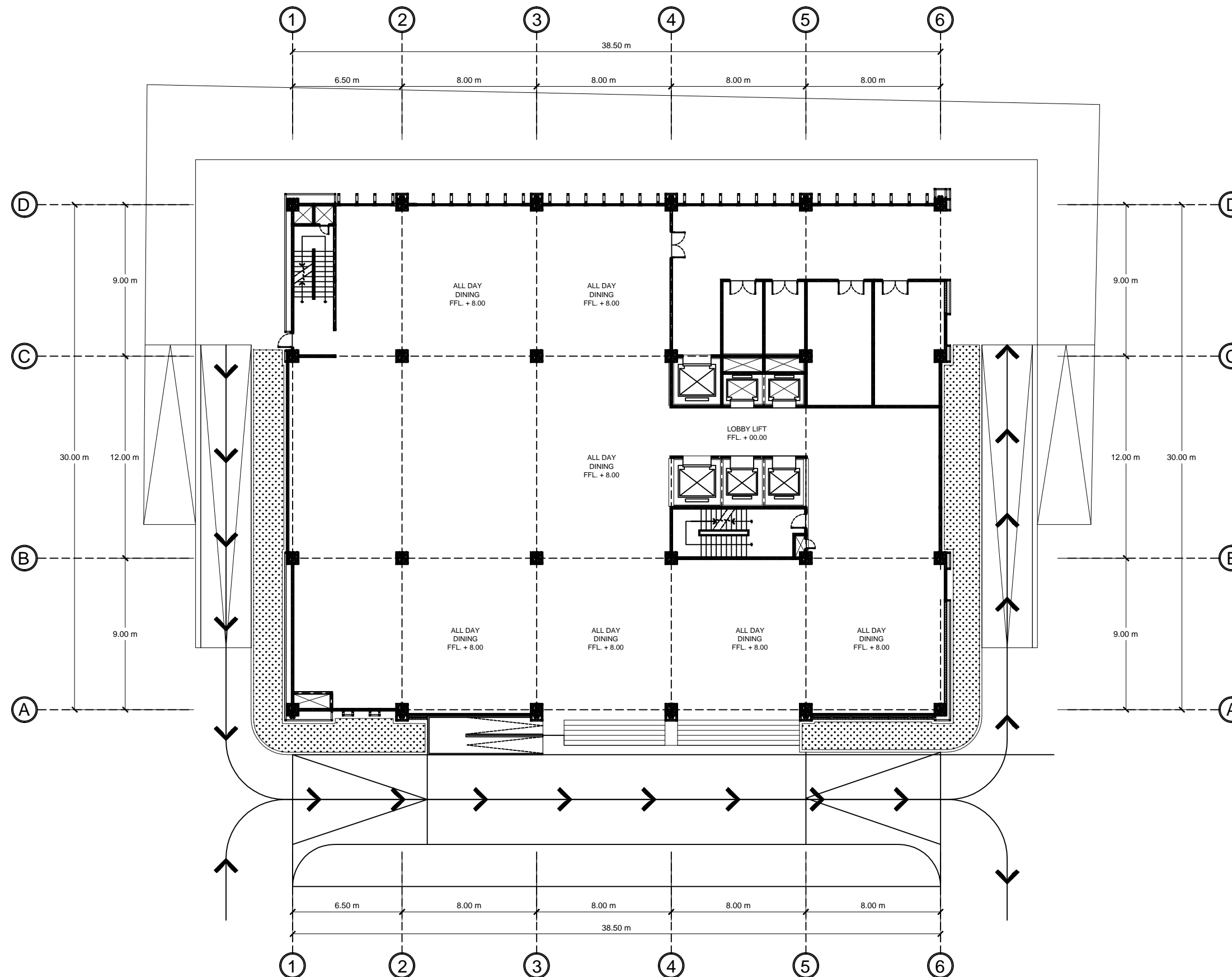
STR

NO.  
LEMBAR

01

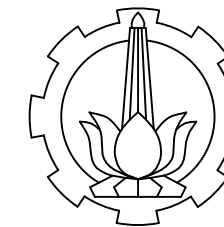
JUMLAH  
GAMBAR

86



**DENAH LANTAI 1 (+0.00)**

**SKALA 1: 250**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai Mezzani

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

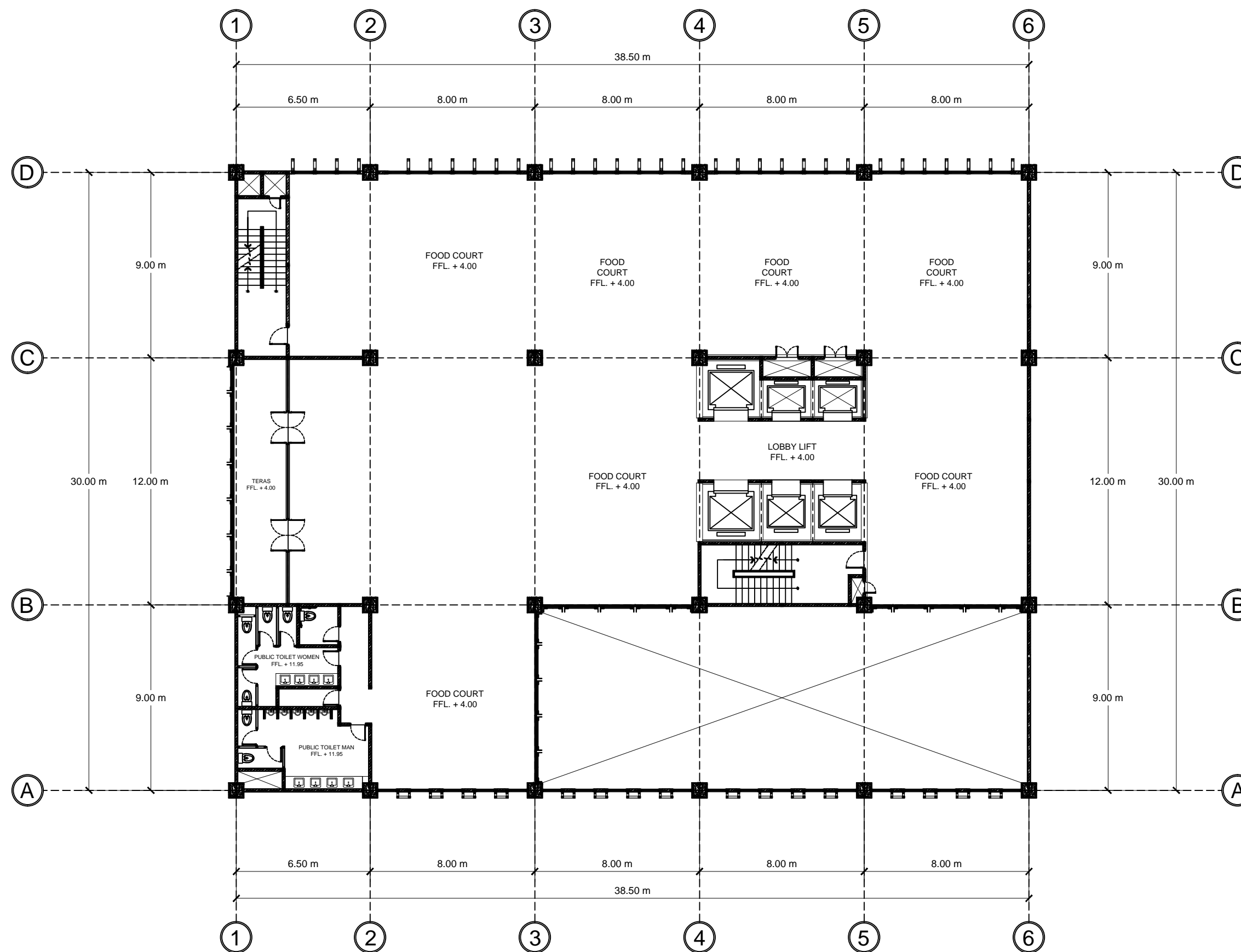
STR

NO.  
LEMBAR

02

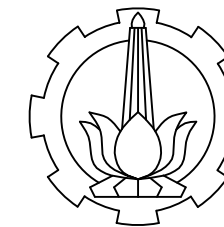
JUMLAH  
GAMBAR

86



**DENAH MEZZANI (+4.00)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 2

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

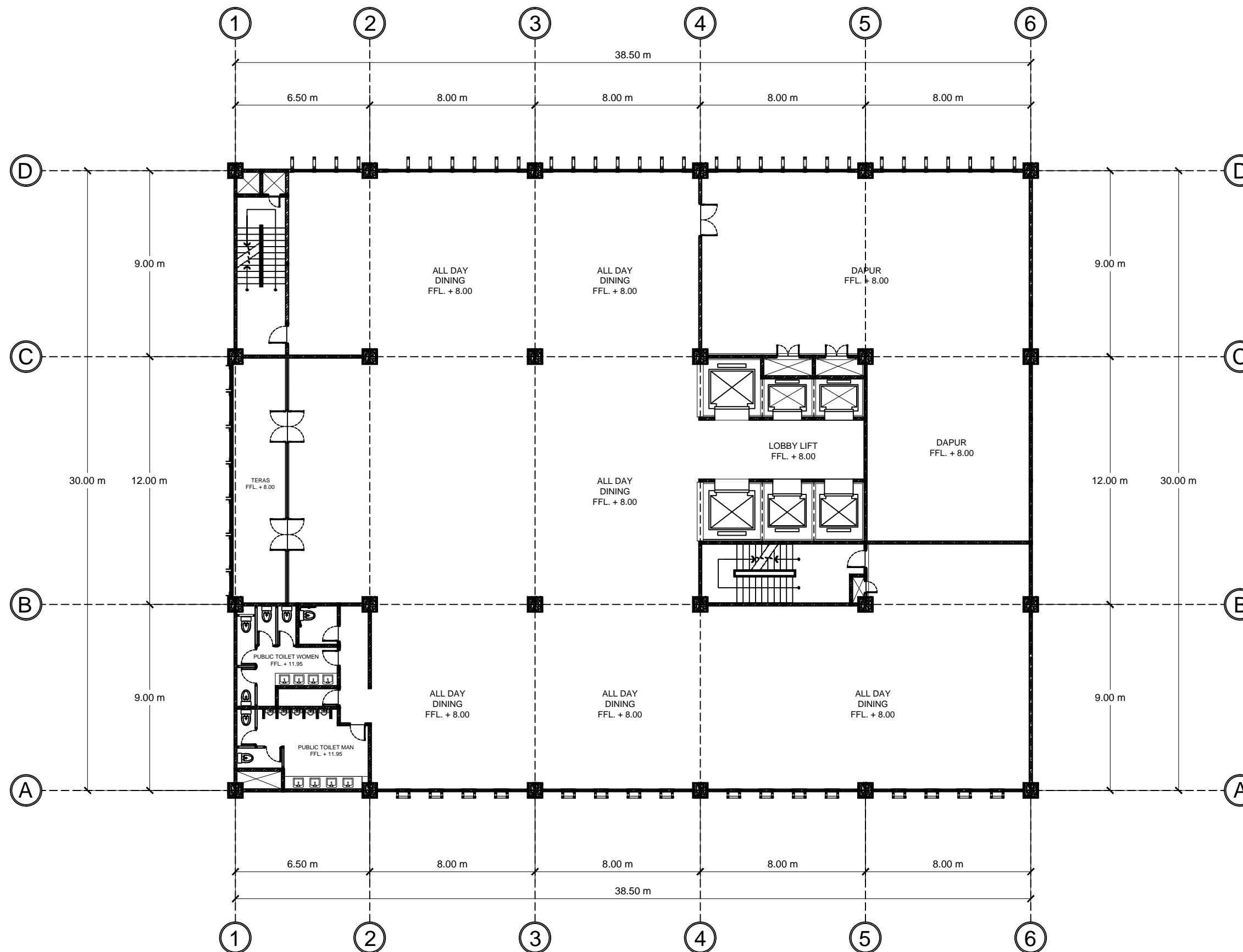
**STR**

NO.  
LEMBAR

**03**

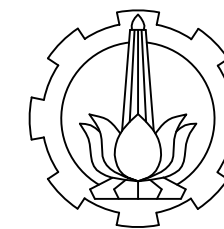
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**DENAH 2 (+8.00)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 4

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

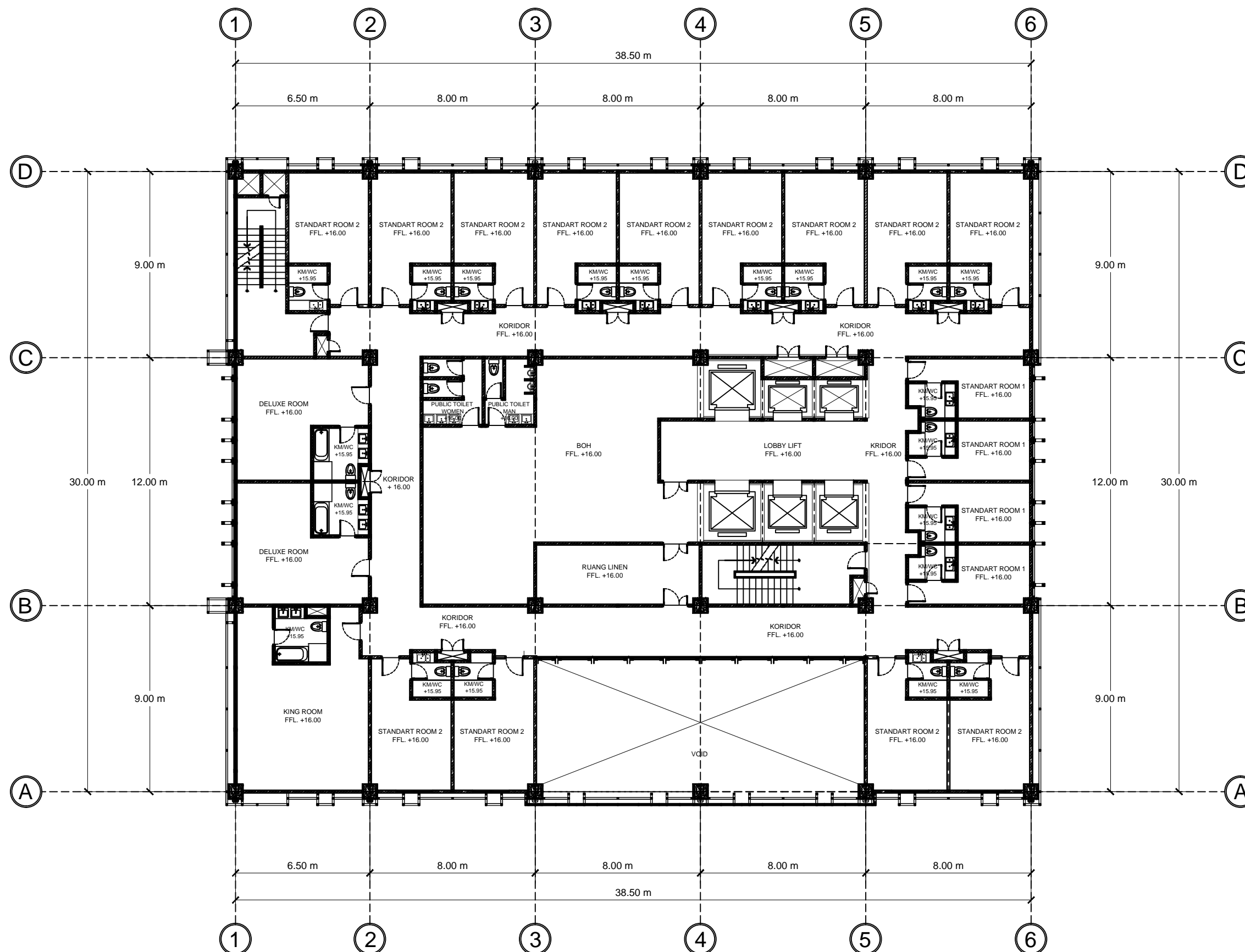
STR

NO.  
LEMBAR

05

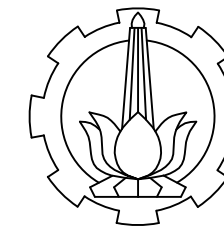
JUMLAH  
GAMBAR

86



**DENAH 4 (+ 16.00)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 3

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

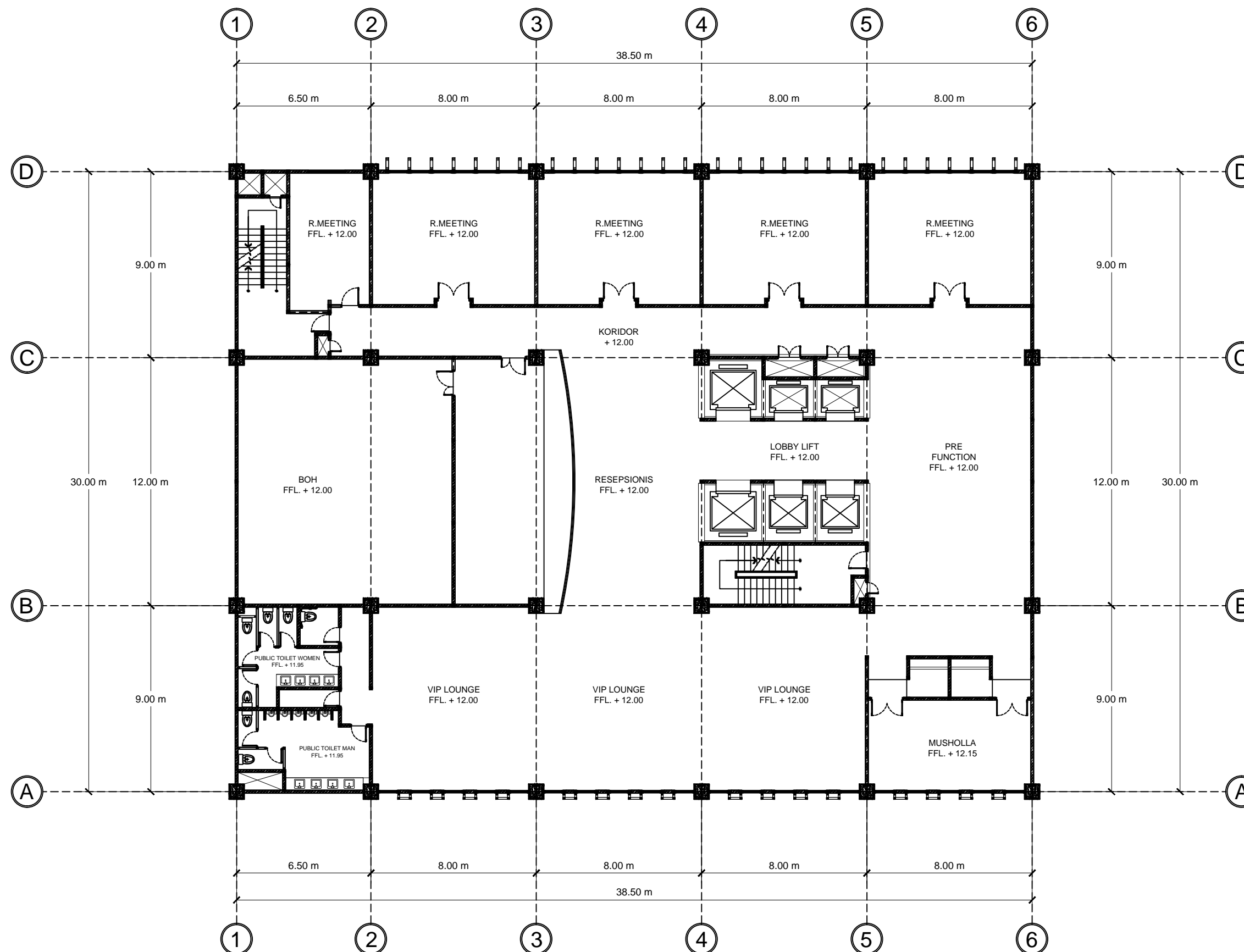
STR

NO.  
LEMBAR

04

JUMLAH  
GAMBAR

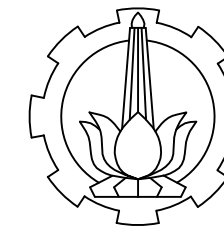
86



**DENAH 3 (+ 12.00)**

**SKALA 1: 200**





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 5

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

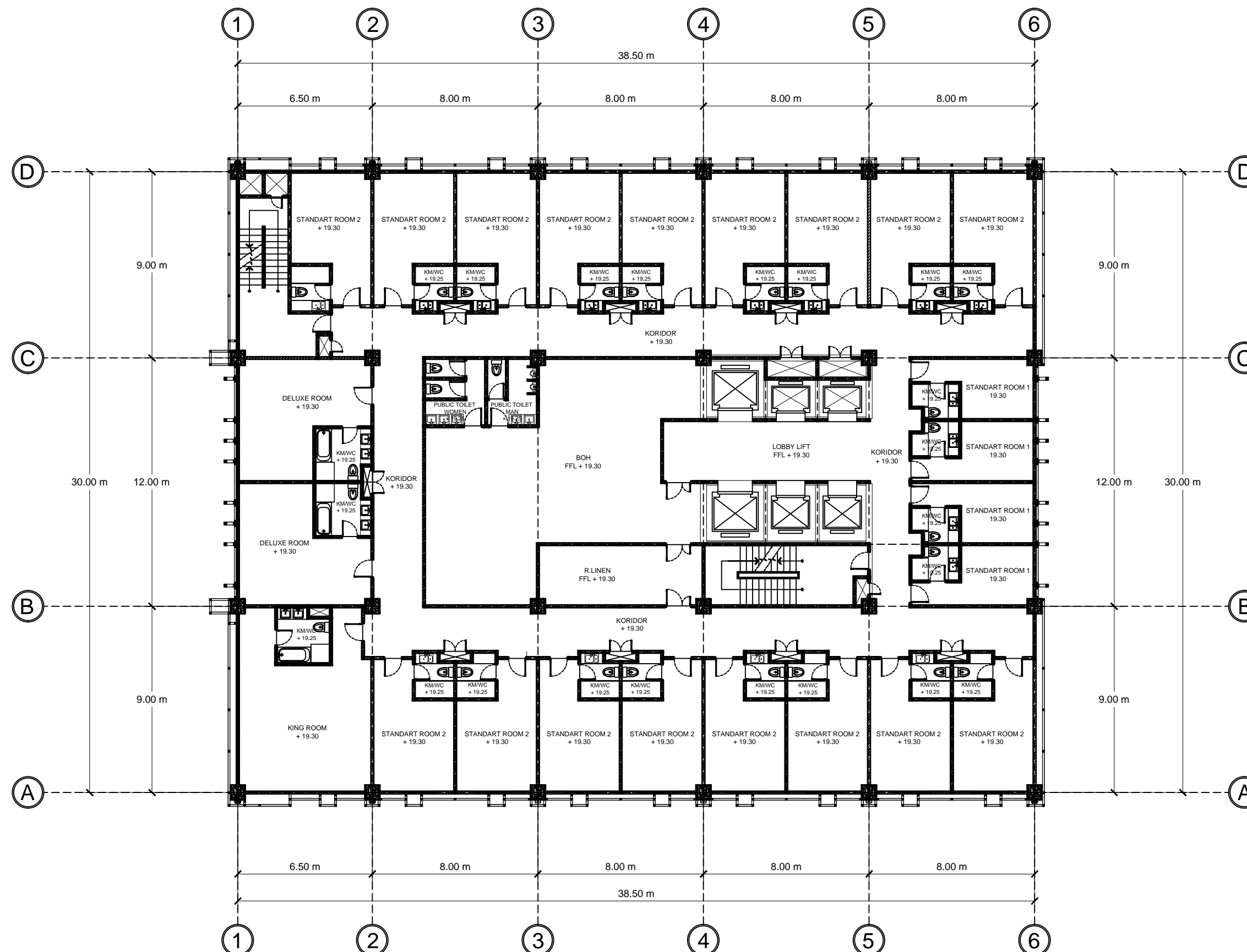
STR

NO.  
LEMBAR

06

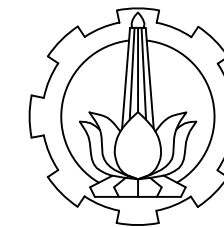
JUMLAH  
GAMBAR

86



DENAH 5 (+ 19.30)

SKALA 1: 200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 6

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

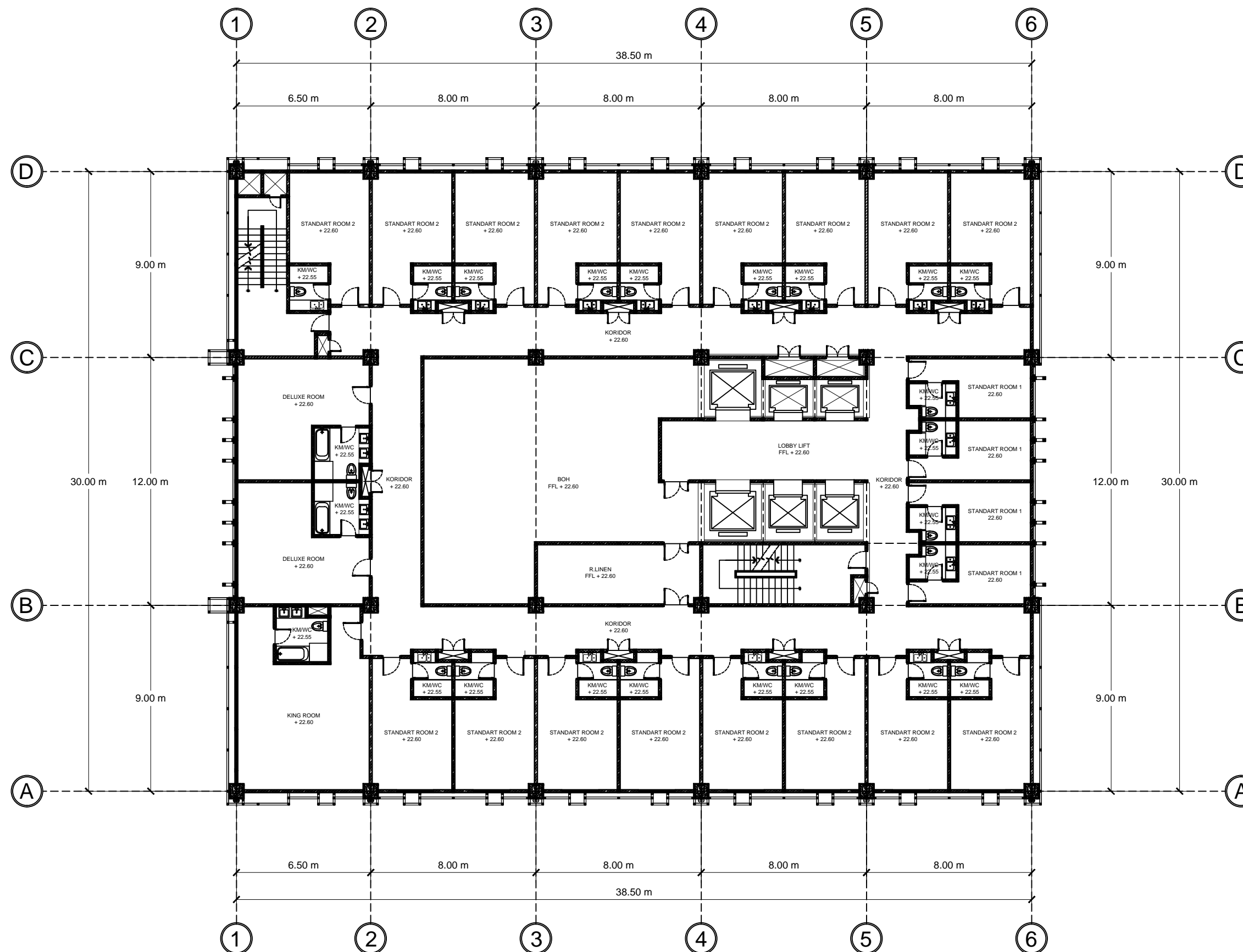
STR

NO.  
LEMBAR

07

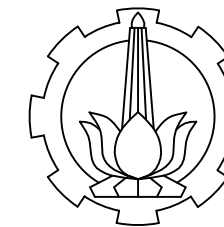
JUMLAH  
GAMBAR

86



DENAH 6 (+ 22.60)

SKALA 1: 200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 7

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

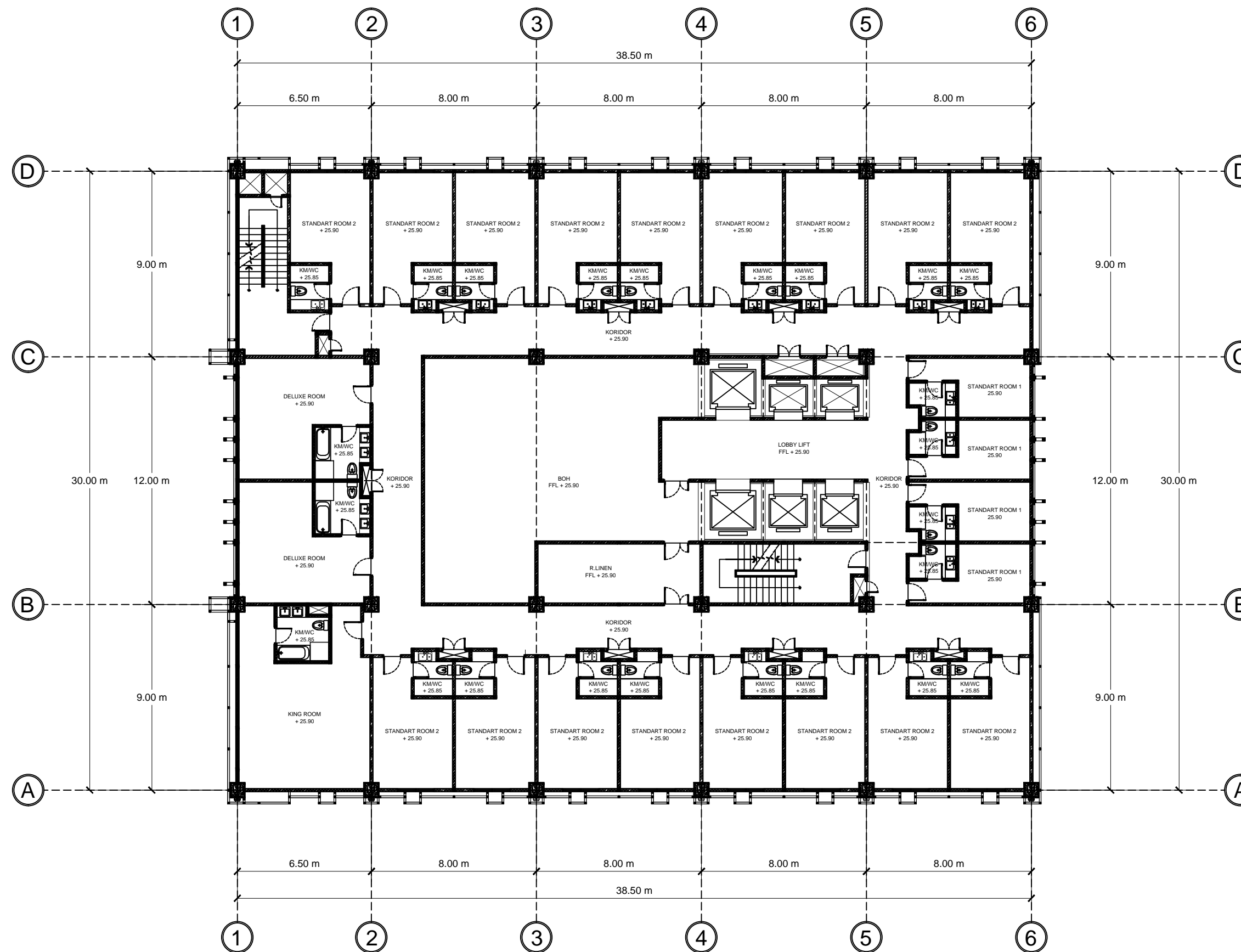
STR

NO.  
LEMBAR

08

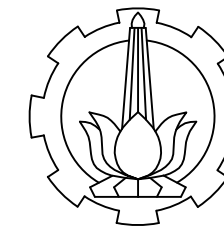
JUMLAH  
GAMBAR

86



**DENAH 7 (+ 25.90)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 8

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

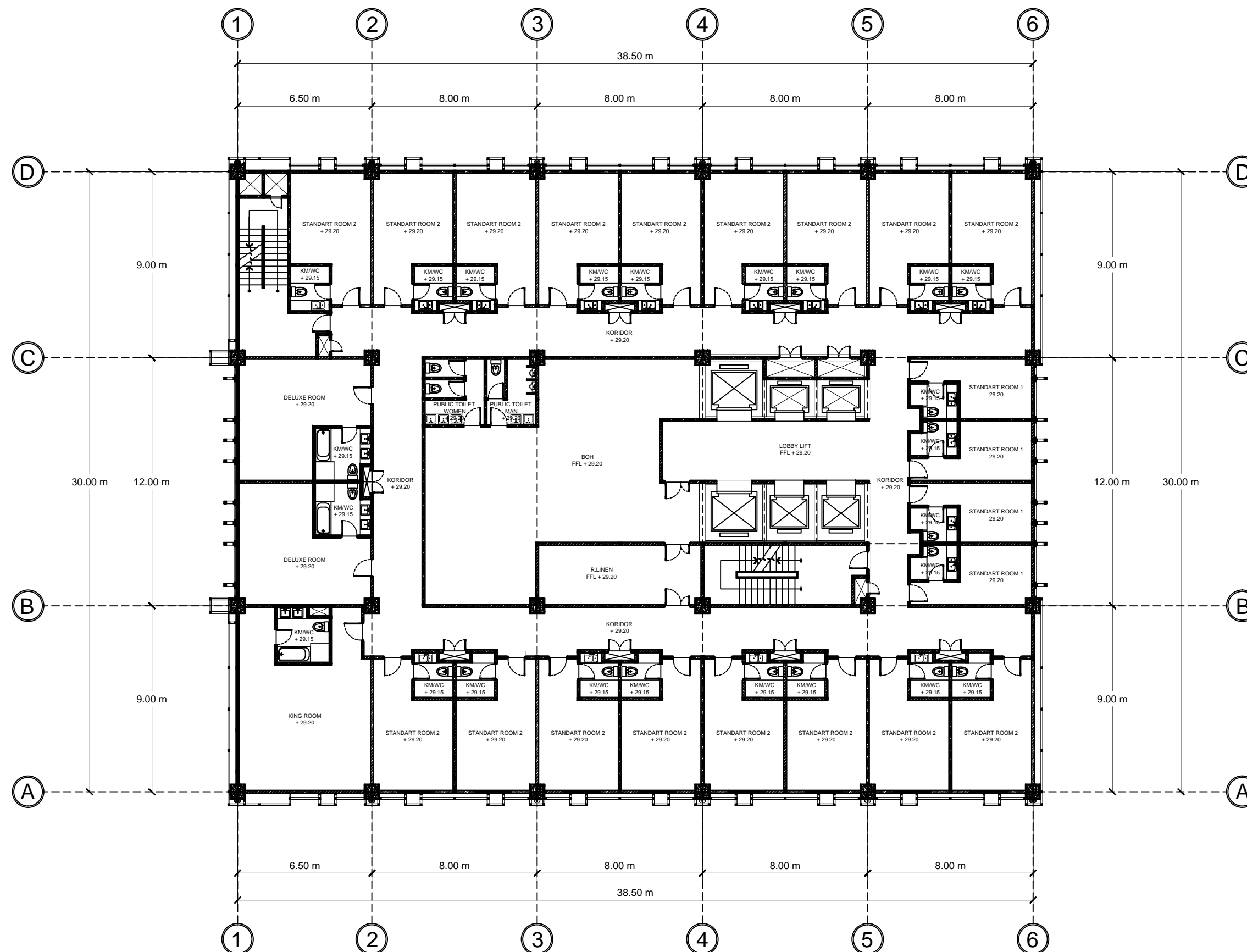
STR

NO.  
LEMBAR

09

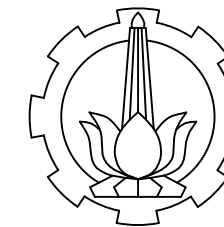
JUMLAH  
GAMBAR

86



DENAH 8 (+ 29.20)

SKALA 1: 200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 9

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

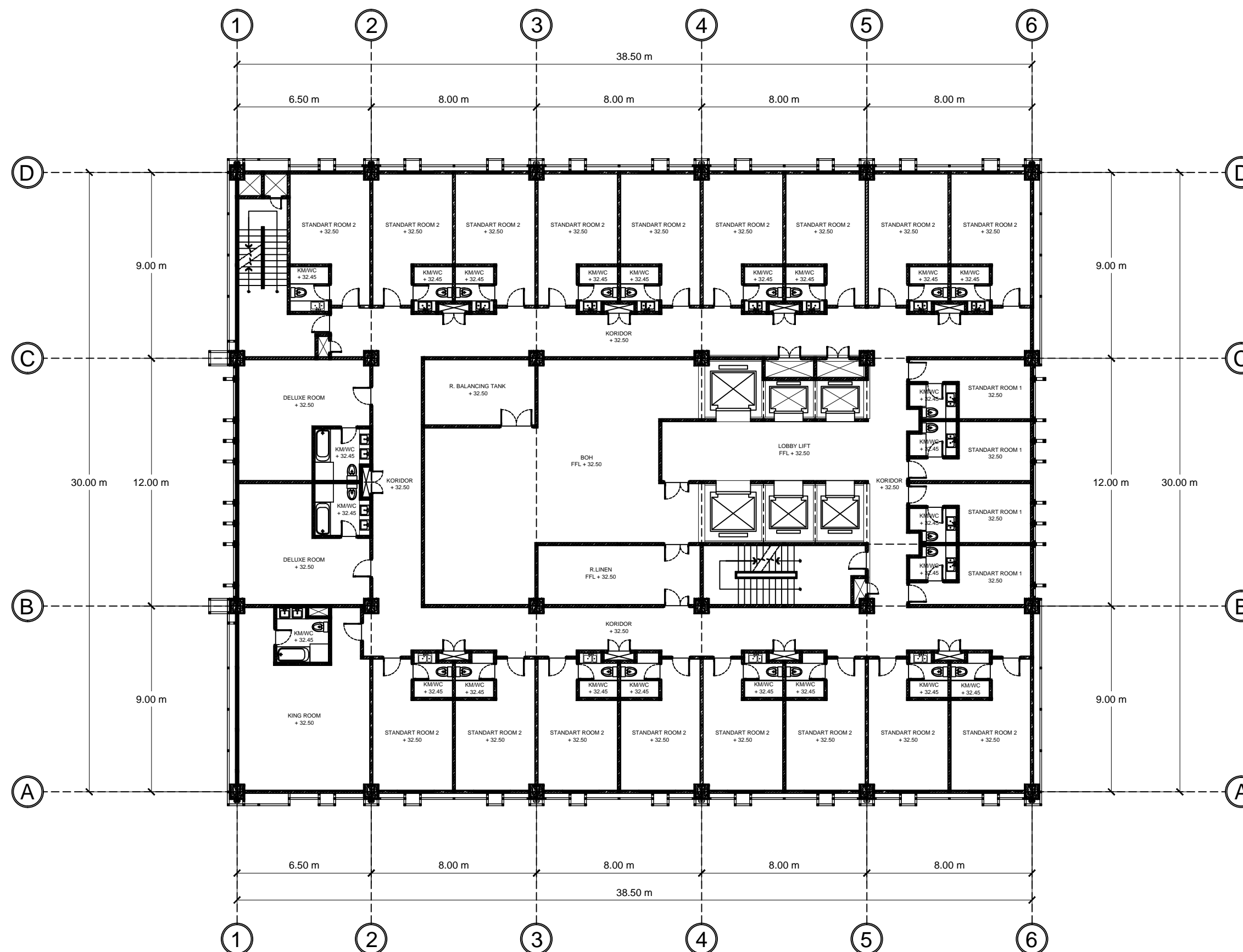
**STR**

NO.  
LEMBAR

**10**

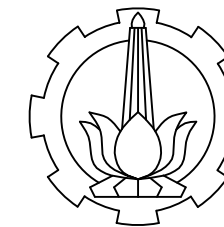
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**DENAH 9 (+ 32.50)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 10

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

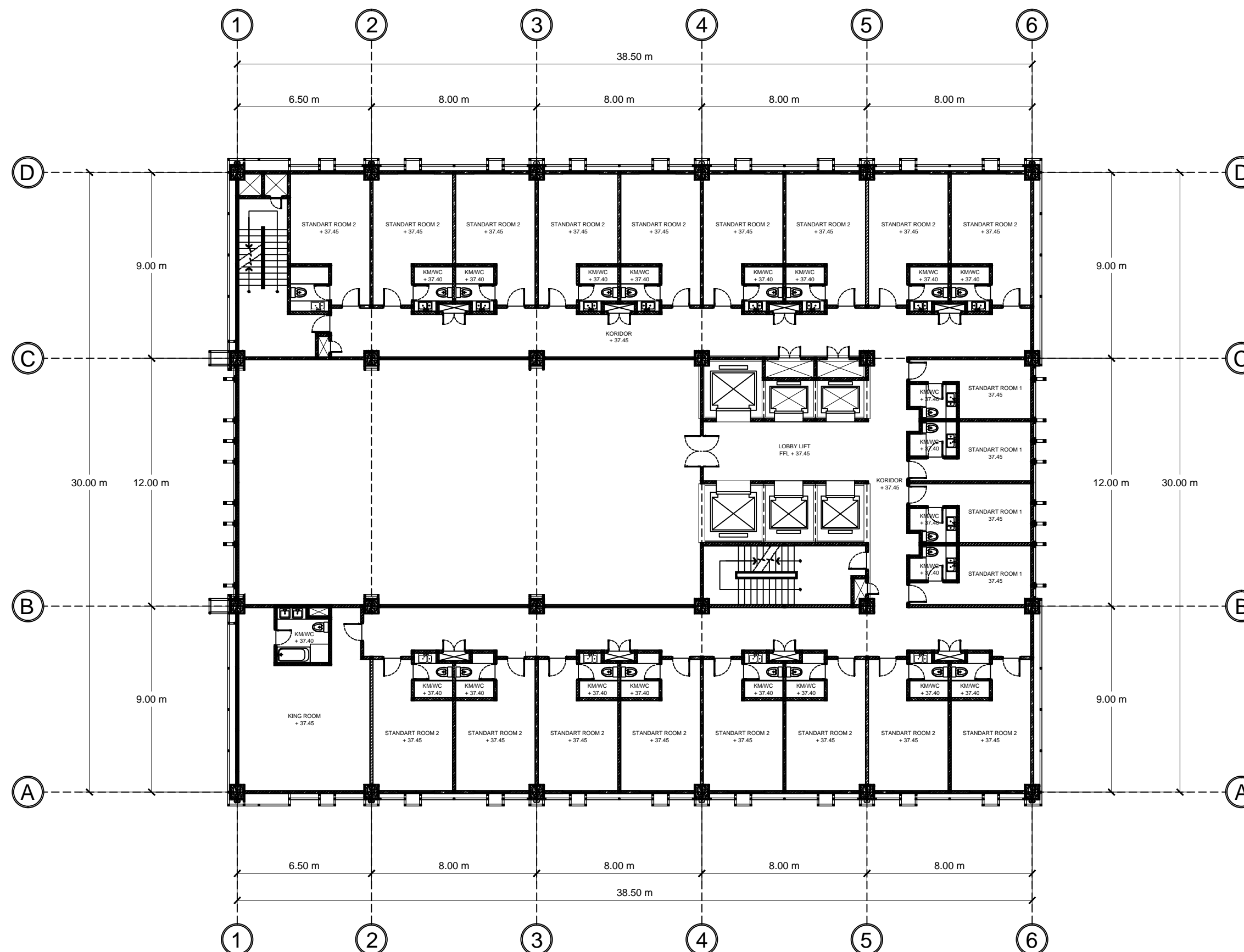
**STR**

NO.  
LEMBAR

**11**

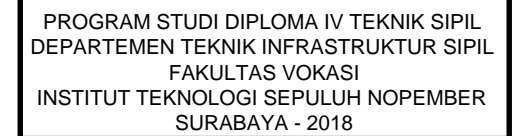
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**DENAH 10 (+ 35.80)**

**SKALA 1: 200**



PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

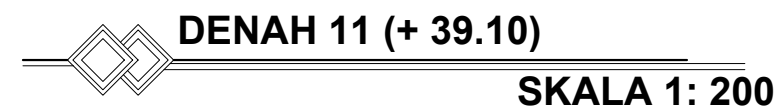
Suwarni  
NRP. 3113041099

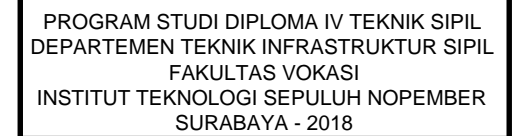
Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

1 : 200
---------

Jumlah Gambar

86





PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PENGUJI I

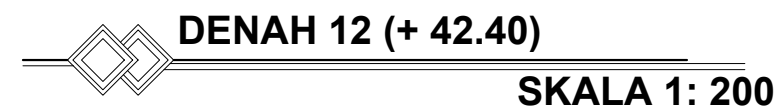
Suwarni  
NRP. 3113041099

Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

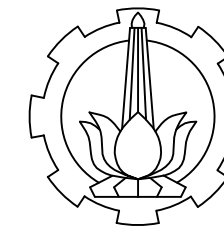
1 : 200
---------

JUMLAH  
GAMBAR

86







PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 13

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

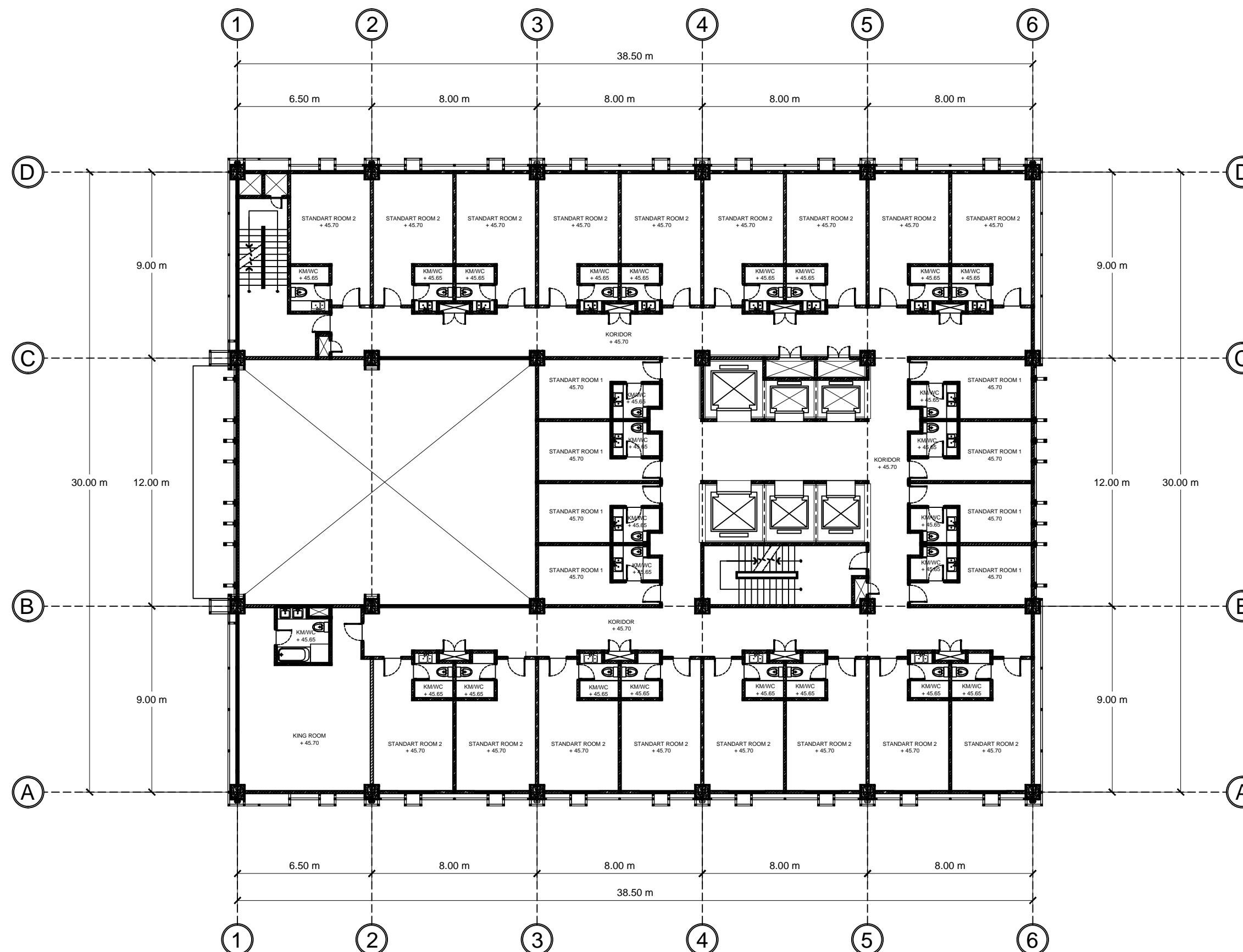
**STR**

NO.  
LEMBAR

**14**

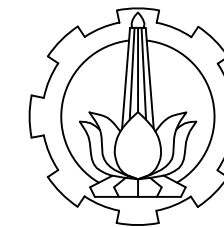
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**DENAH 13 (+ 45.70)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 14

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

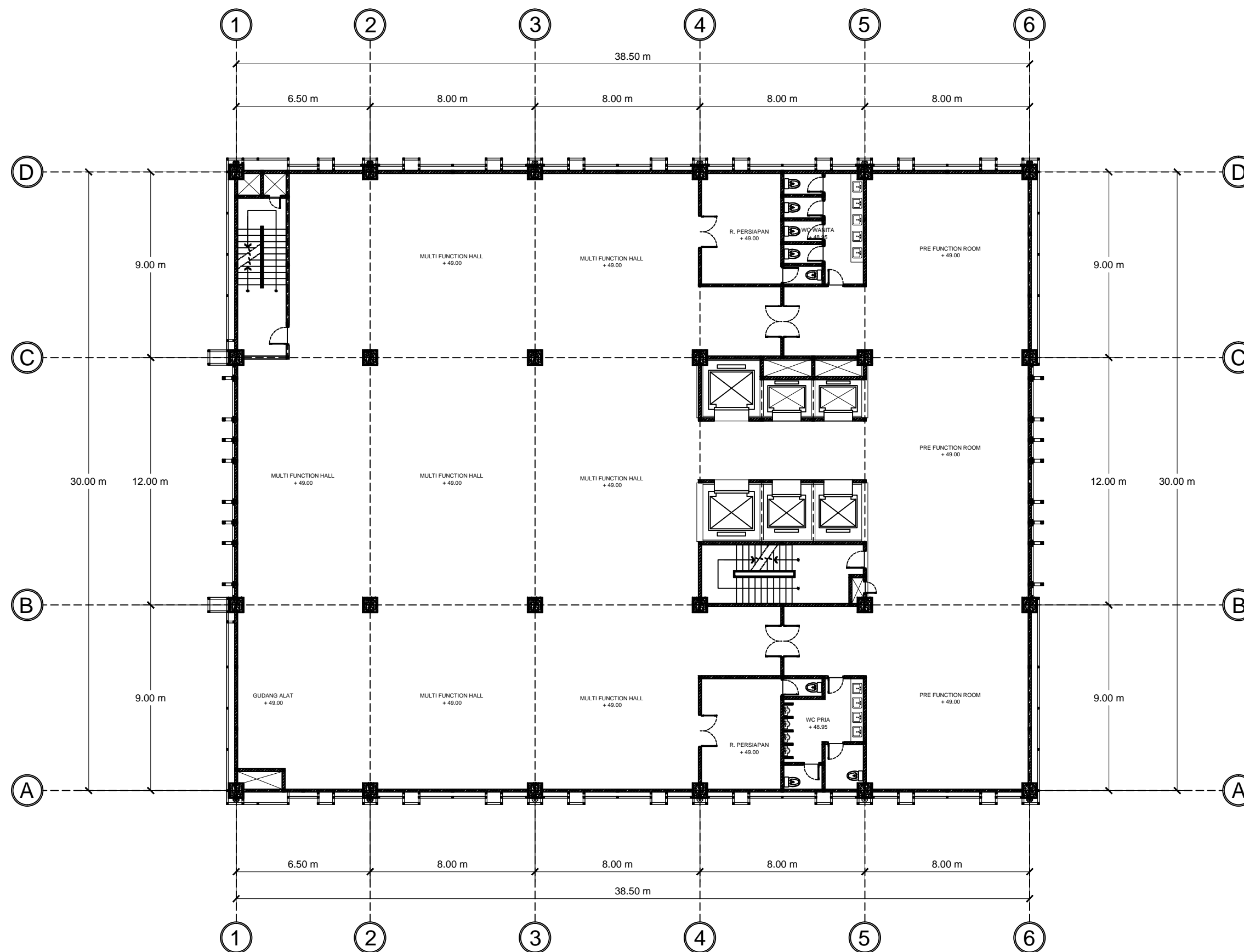
**STR**

NO.  
LEMBAR

**15**

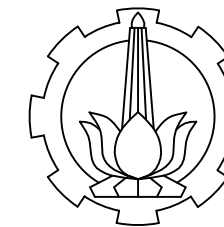
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**DENAH 14 (+ 49.00)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Denah Lantai 15 Sky Lounge

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

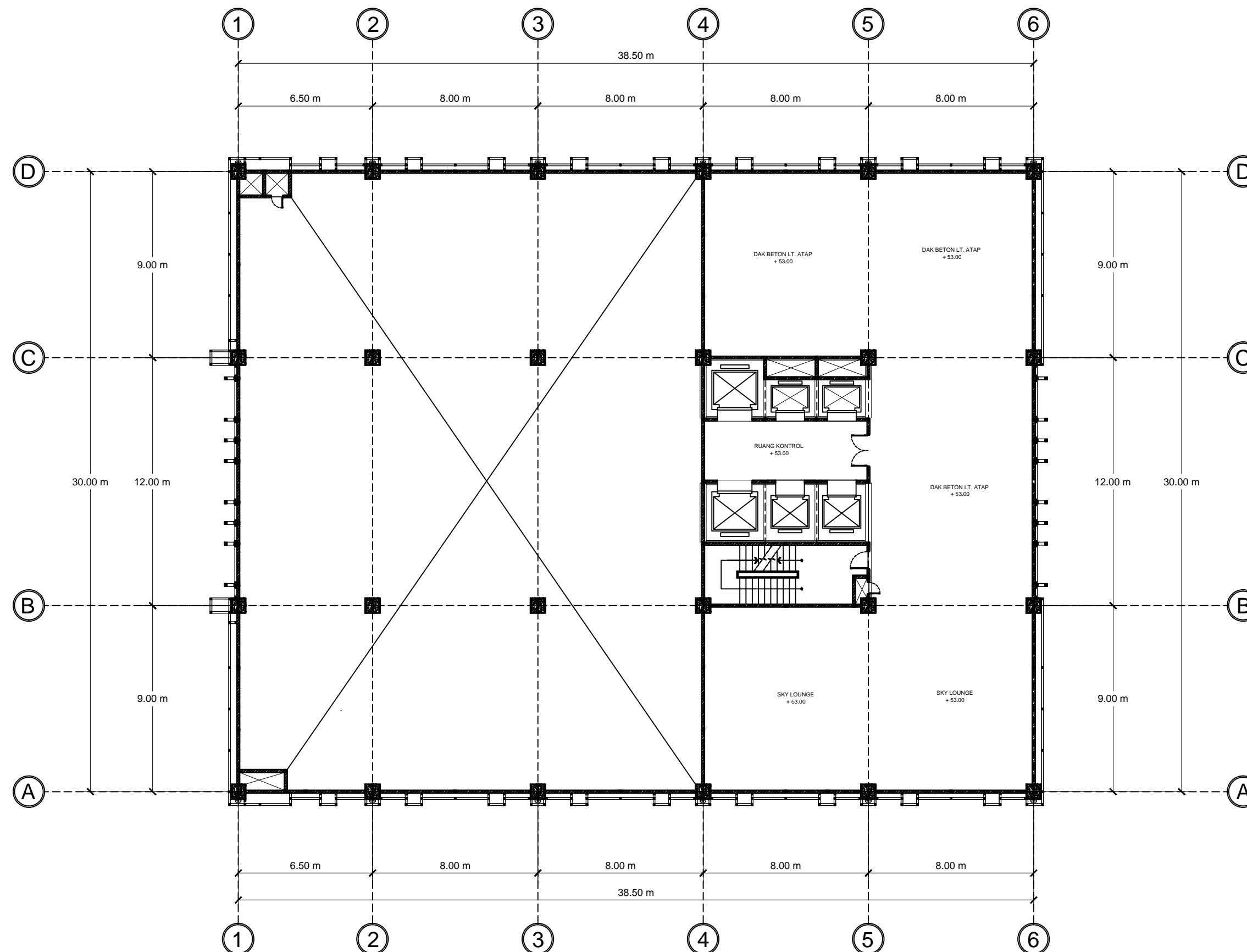
STR

NO.  
LEMBAR

16

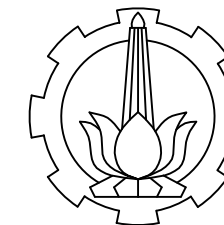
JUMLAH  
GAMBAR

86



**DENAH 15 - SKY LOUNGE (+ 53.00)**

**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

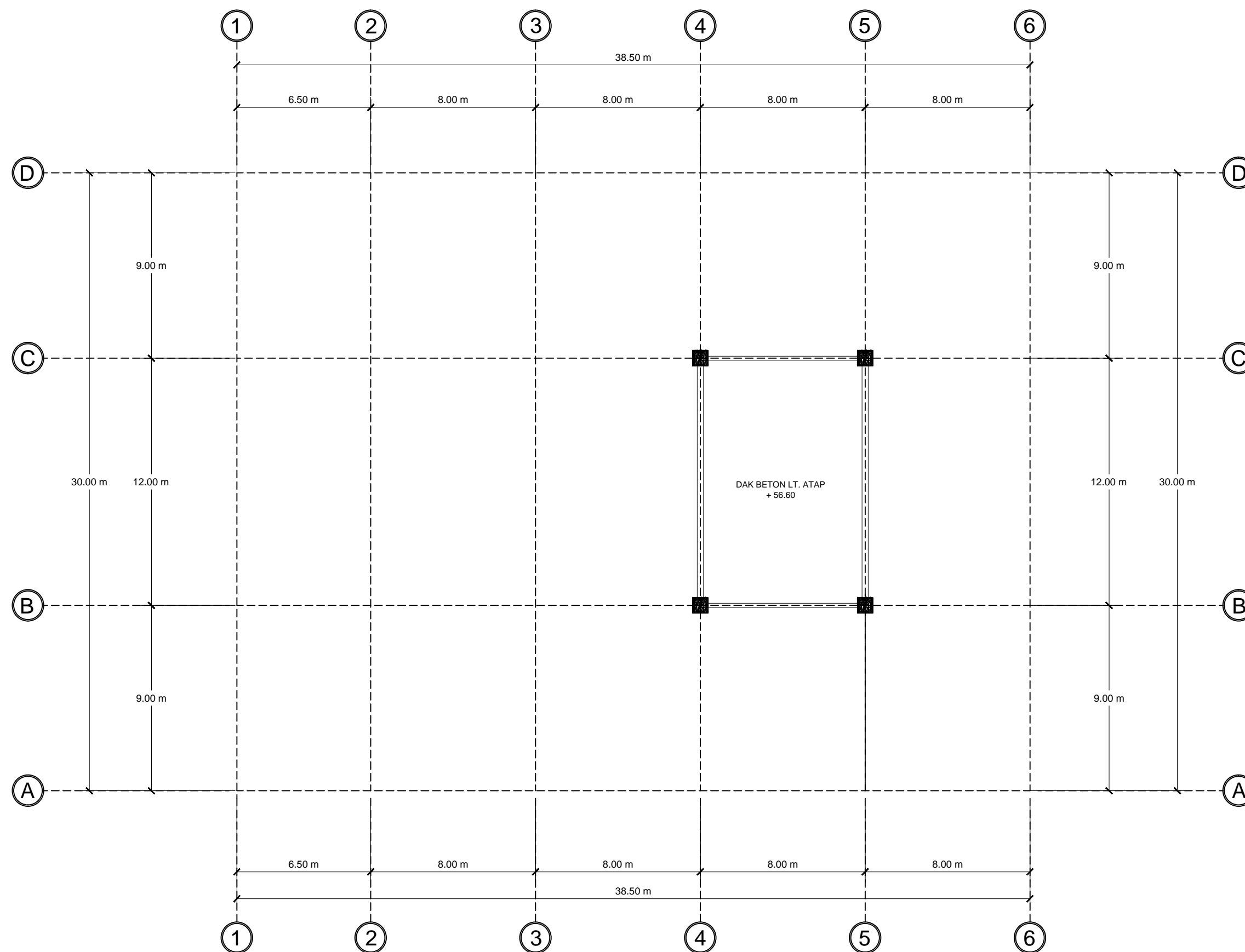
-Denah Lantai Atap

SKALA

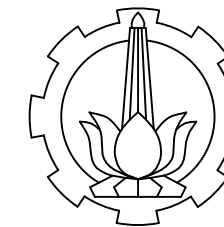
1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	17	86
-----	----	----



**DENAH LANTAI ATAP (+ 56.60)**  
**SKALA 1: 200**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Balok Lt. 1 (+0.00)

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

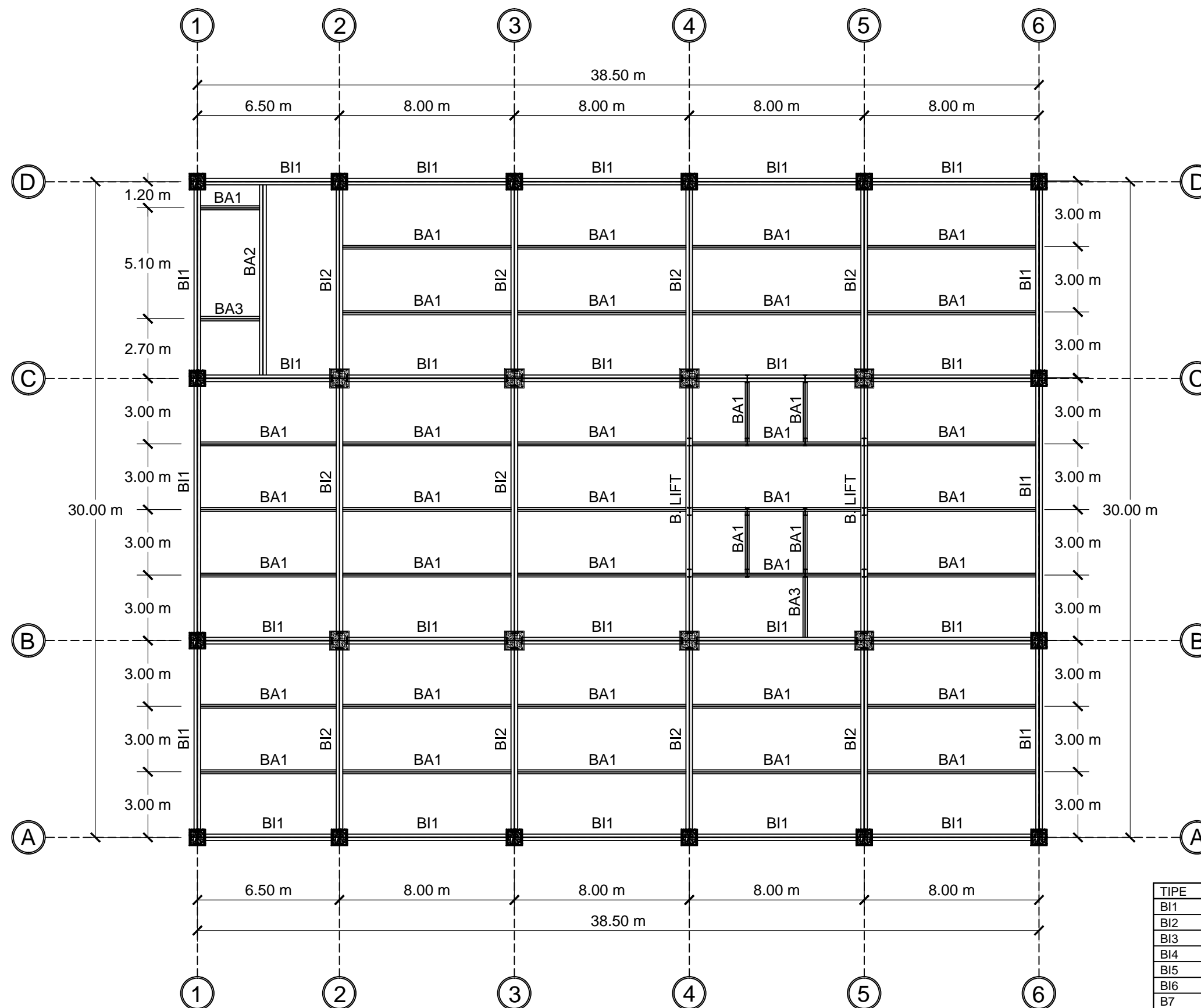
STR

NO.  
LEMBAR

18

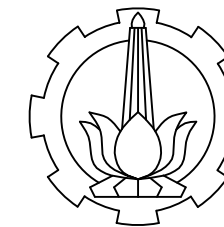
JUMLAH  
GAMBAR

86



**R. BALOK LANTAI 1 (+0.00)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

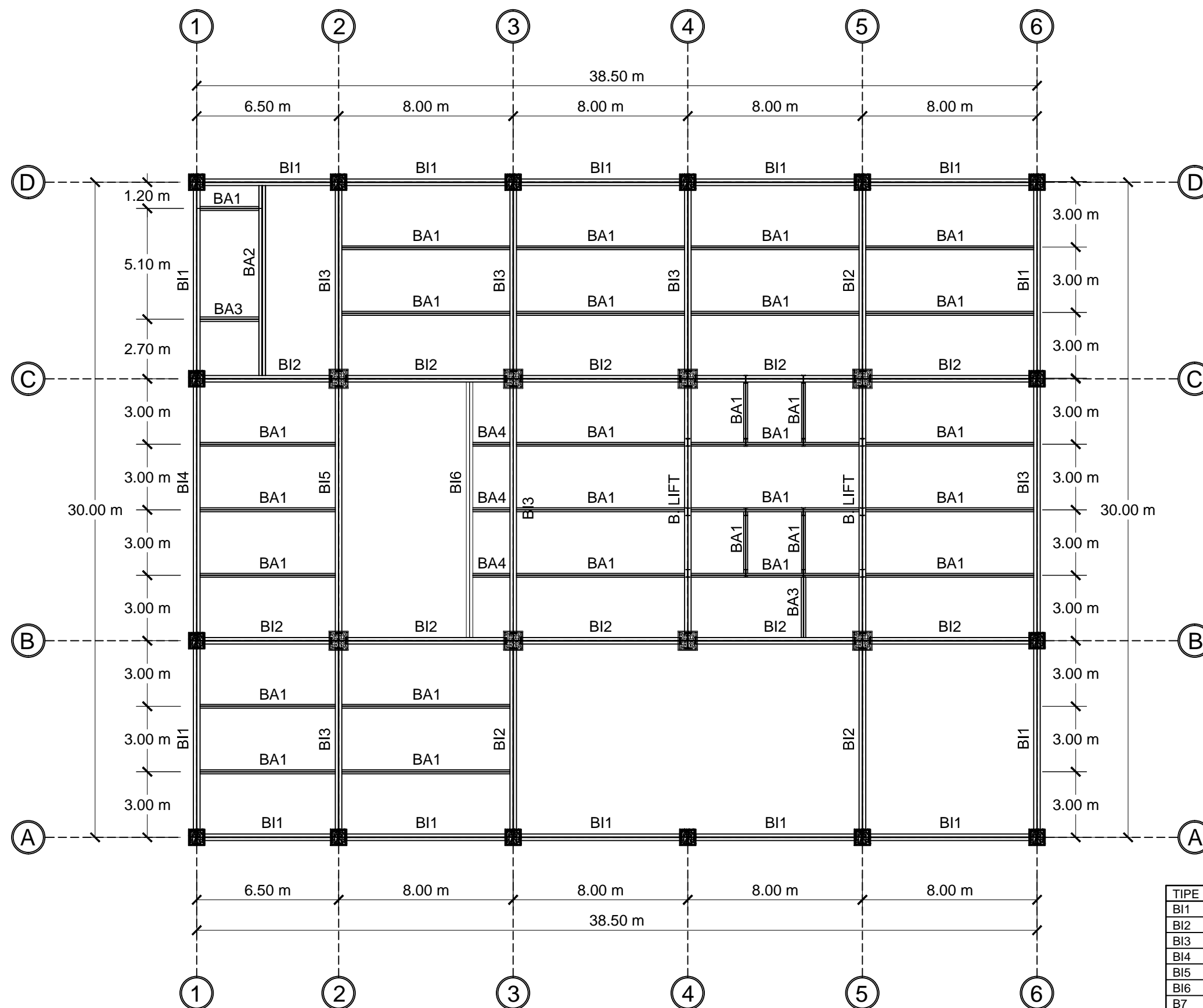
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. Mezzani (+ 4.00) 1 : 200

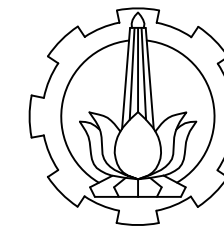
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	19	86



R. BALOK LANTAI MEZZANI  
(+ 4.00)

SKALA 1: 200

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Balok Lt. 2 (+ 8.00)

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

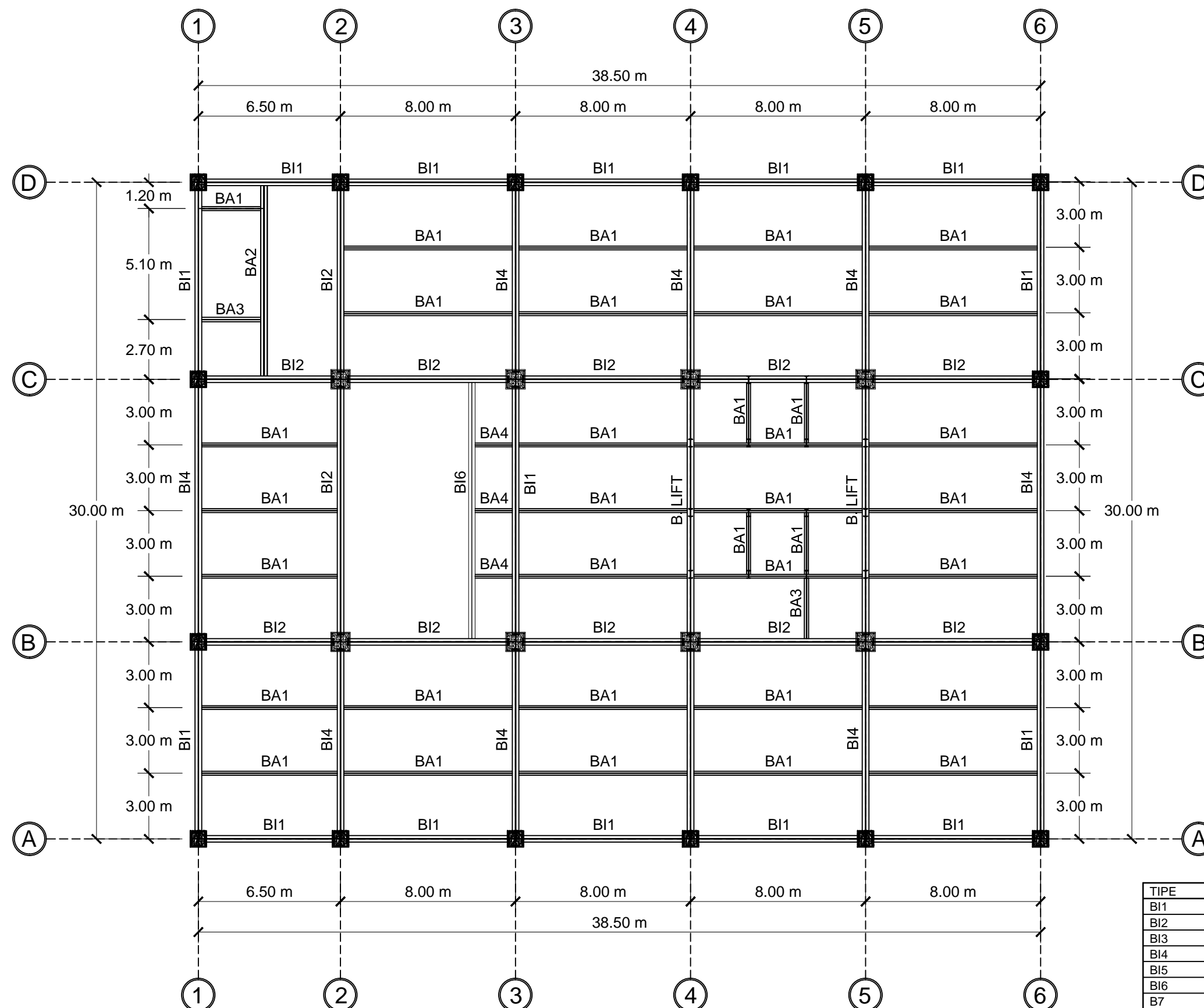
**STR**

NO.  
LEMBAR

**20**

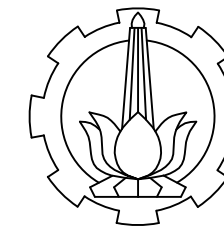
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**R. BALOK LANTAI 2 (+ 8.00)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Balok Lt. 1 (+0.00)

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

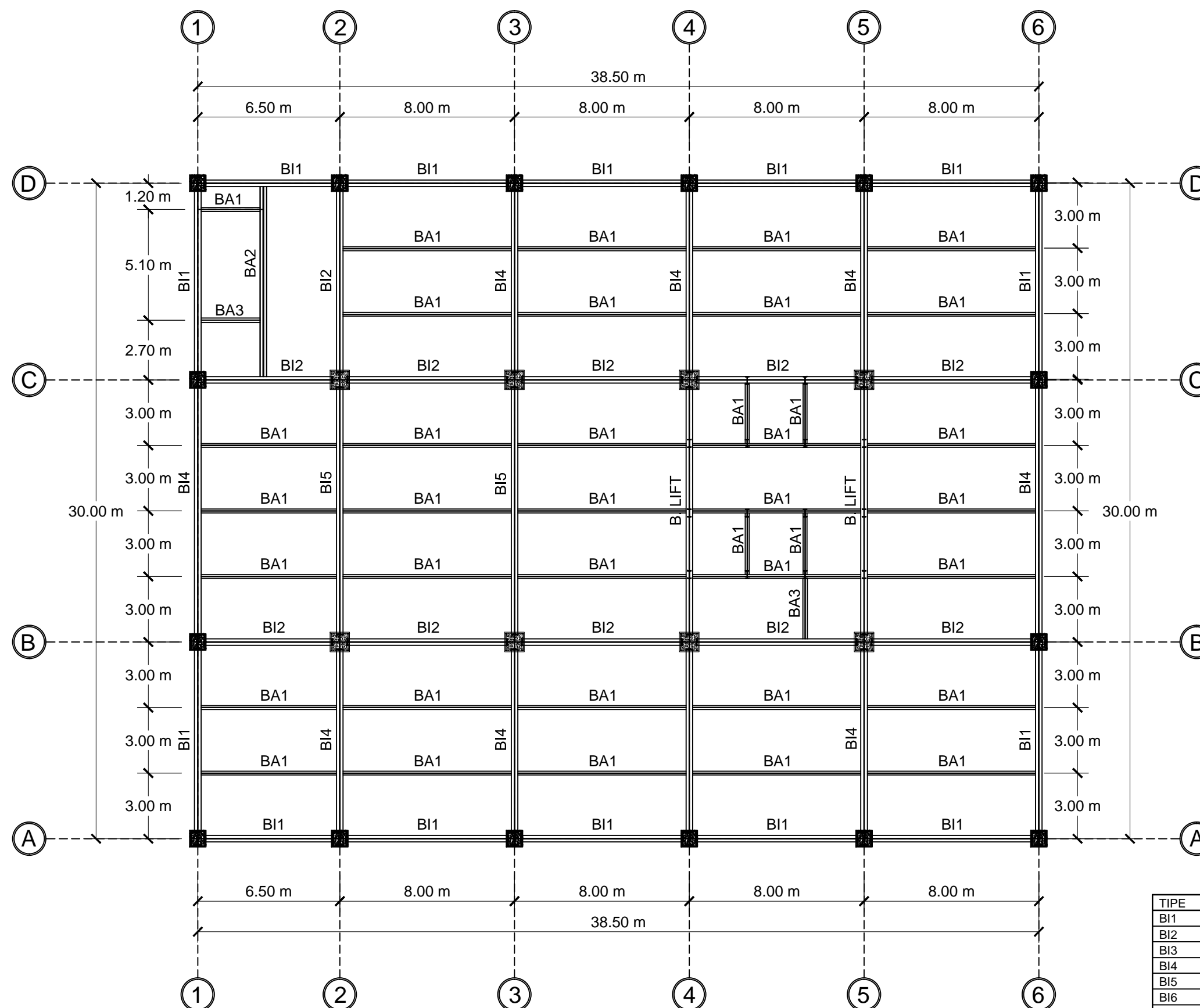
STR

NO.  
LEMBAR

21

JUMLAH  
GAMBAR

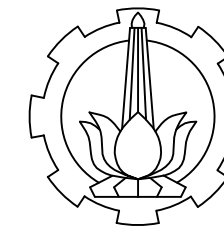
86



**R. BALOK LANTAI 3 (+ 12.00)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

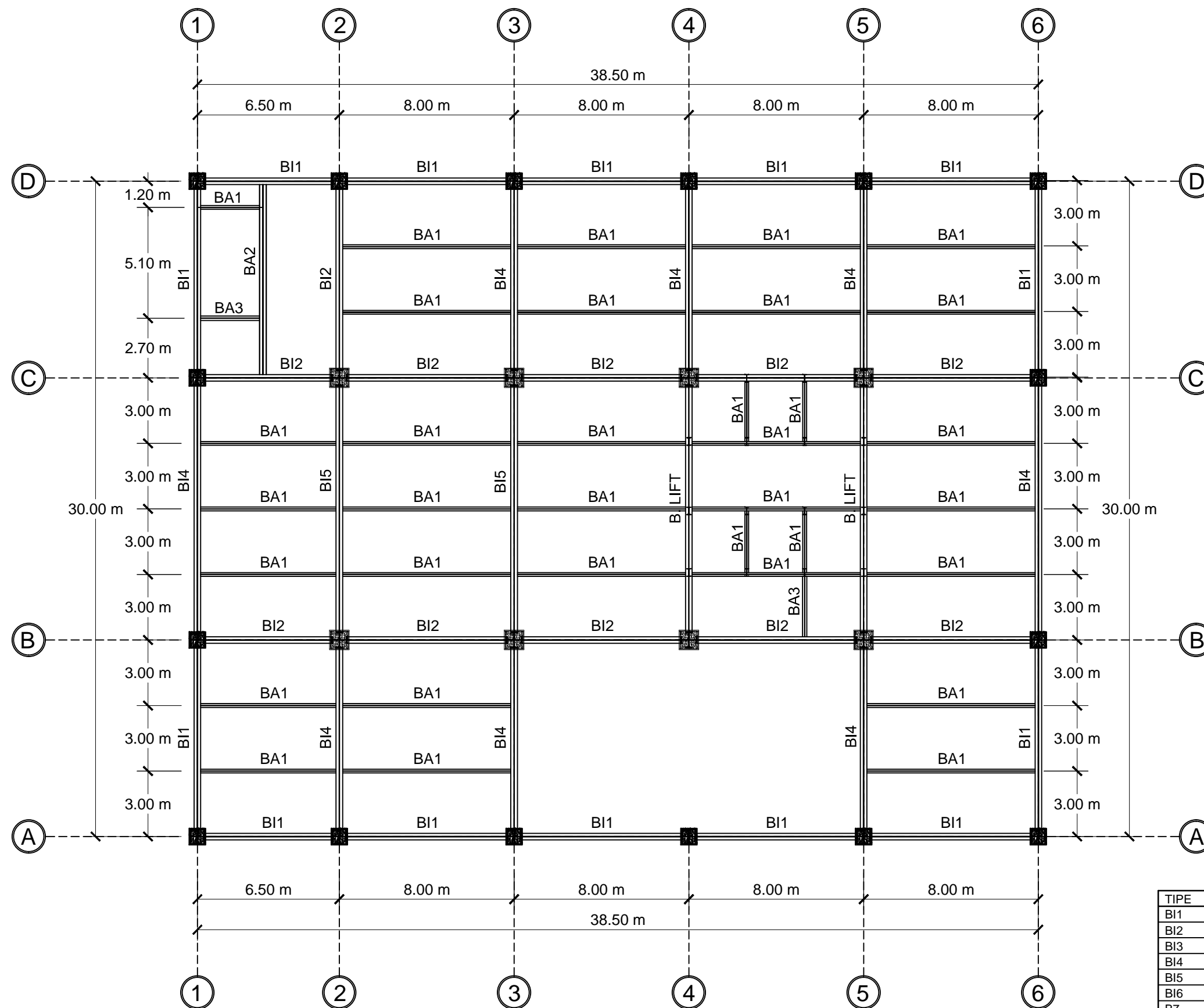
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

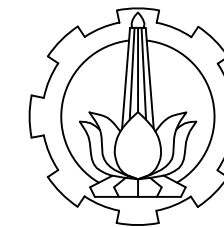
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 4 (+ 16.00) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	22	86



**R. BALOK LANTAI 4 (+ 16.00)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

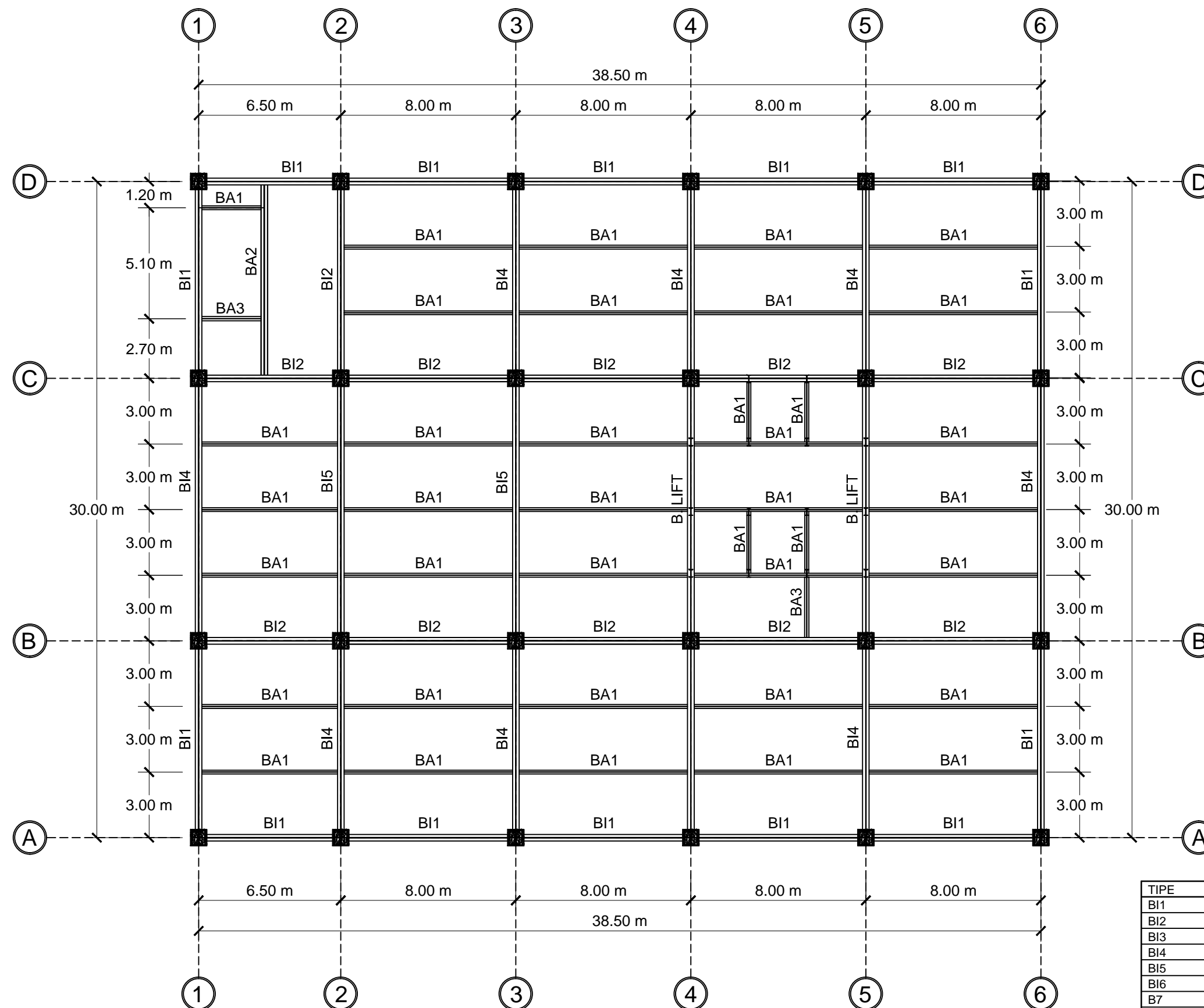
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u0} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

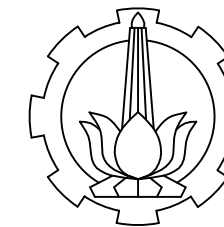
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 5 (+ 19.30) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	23	86



**R. BALOK LANTAI 5 (+ 19.30)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

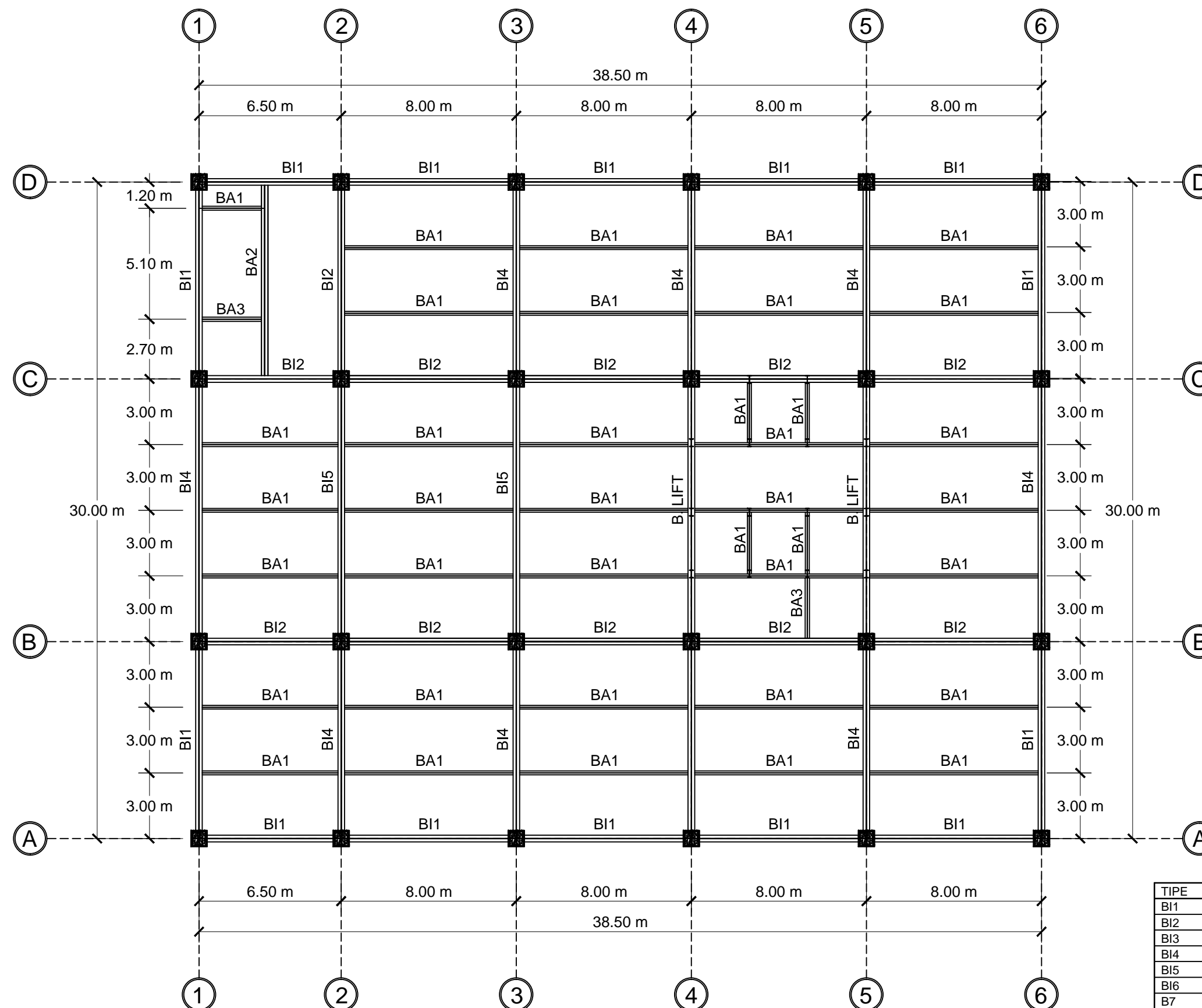
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

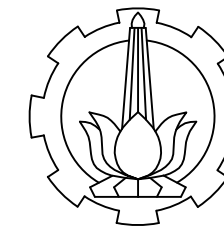
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 6 (+ 22.60) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	24	86



**R. BALOK LANTAI 6 (+ 22.60)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

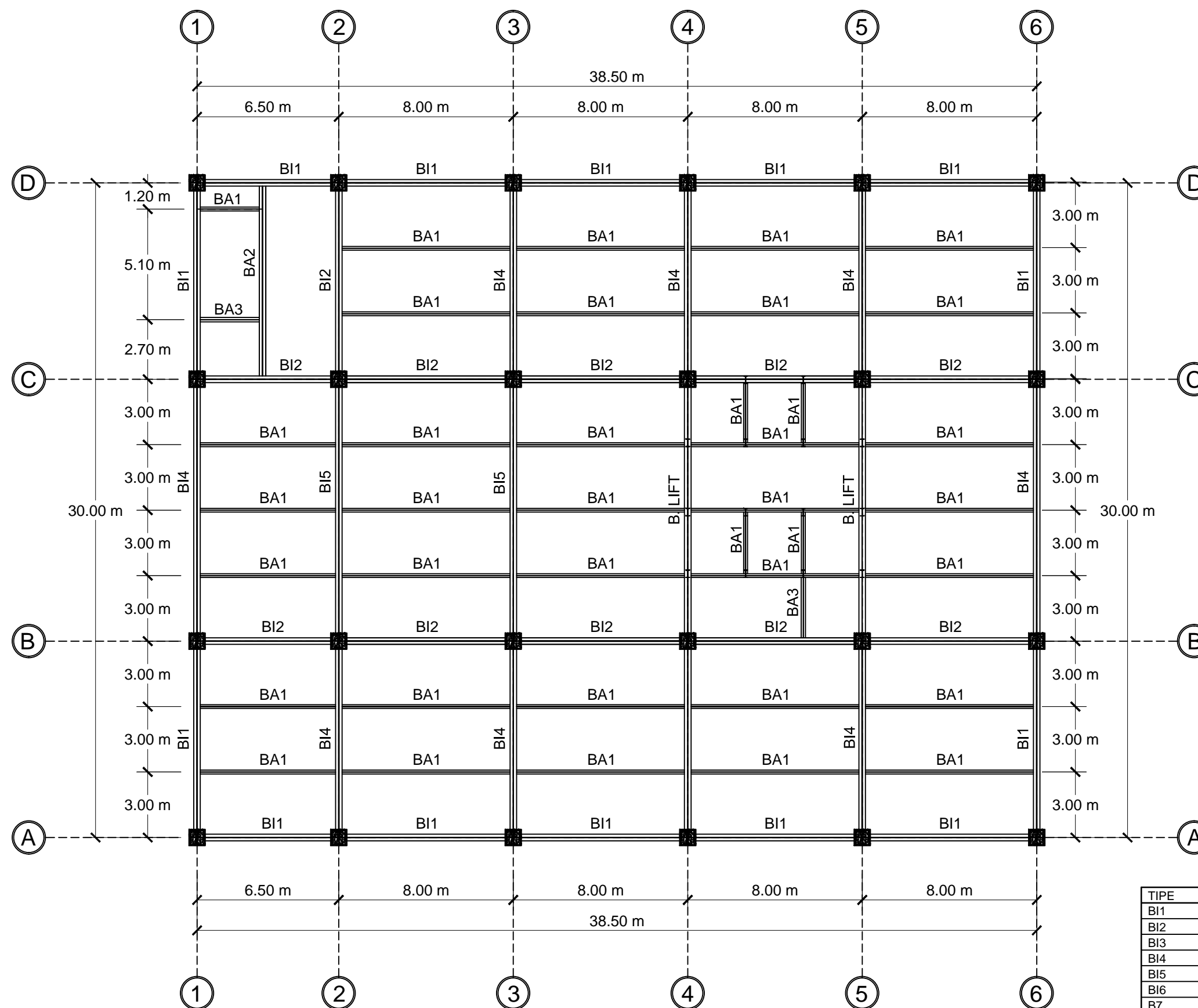
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

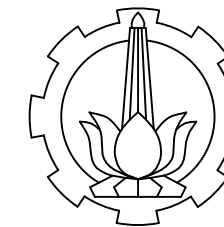
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 9 (+ 25.90) 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	25	86



**R. BALOK LANTAI 7 (+ 25.90)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

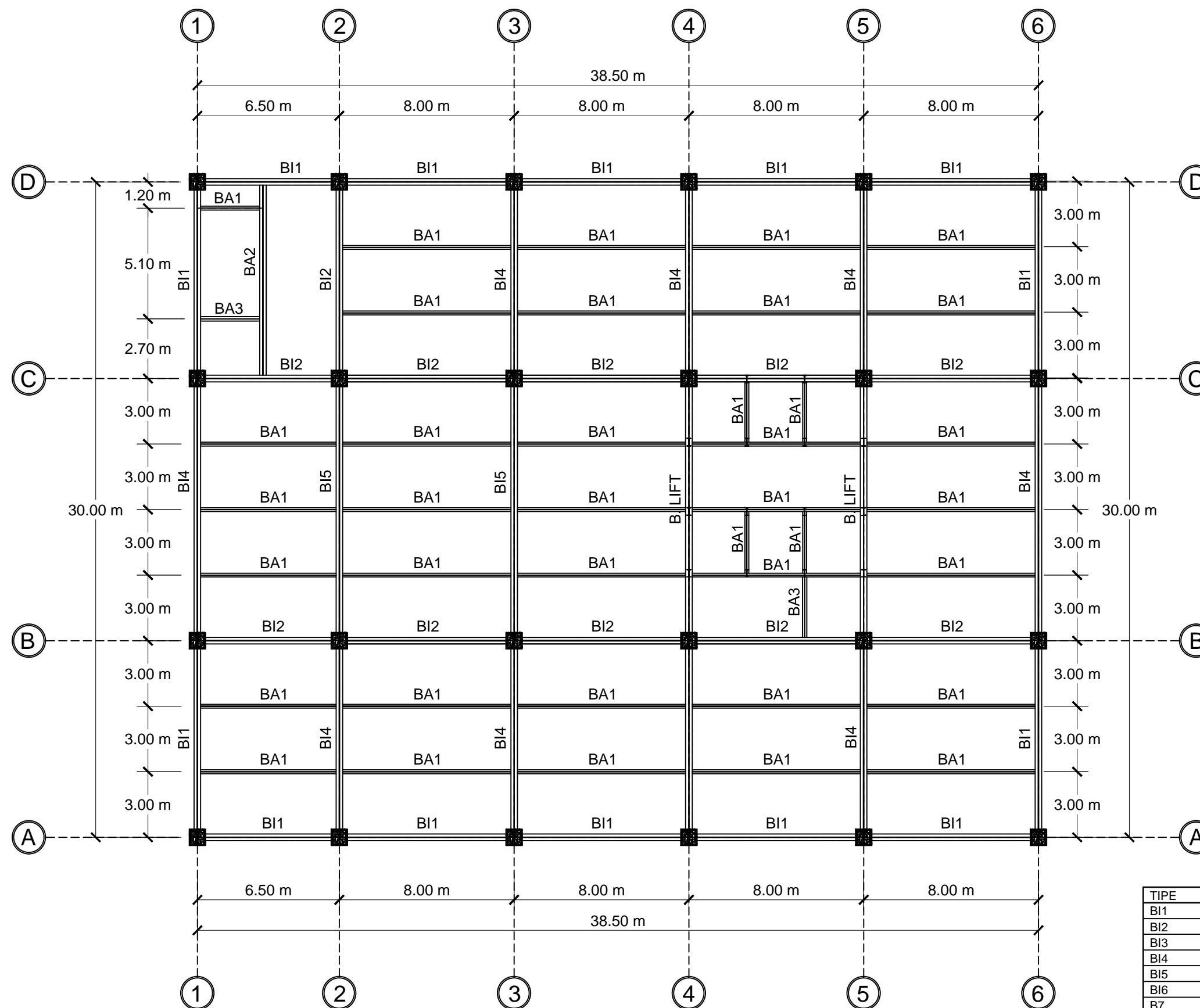
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

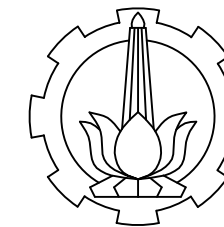
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 8 (+ 29.20) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	26	86



**R. BALOK LANTAI 8 (+ 29.20)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

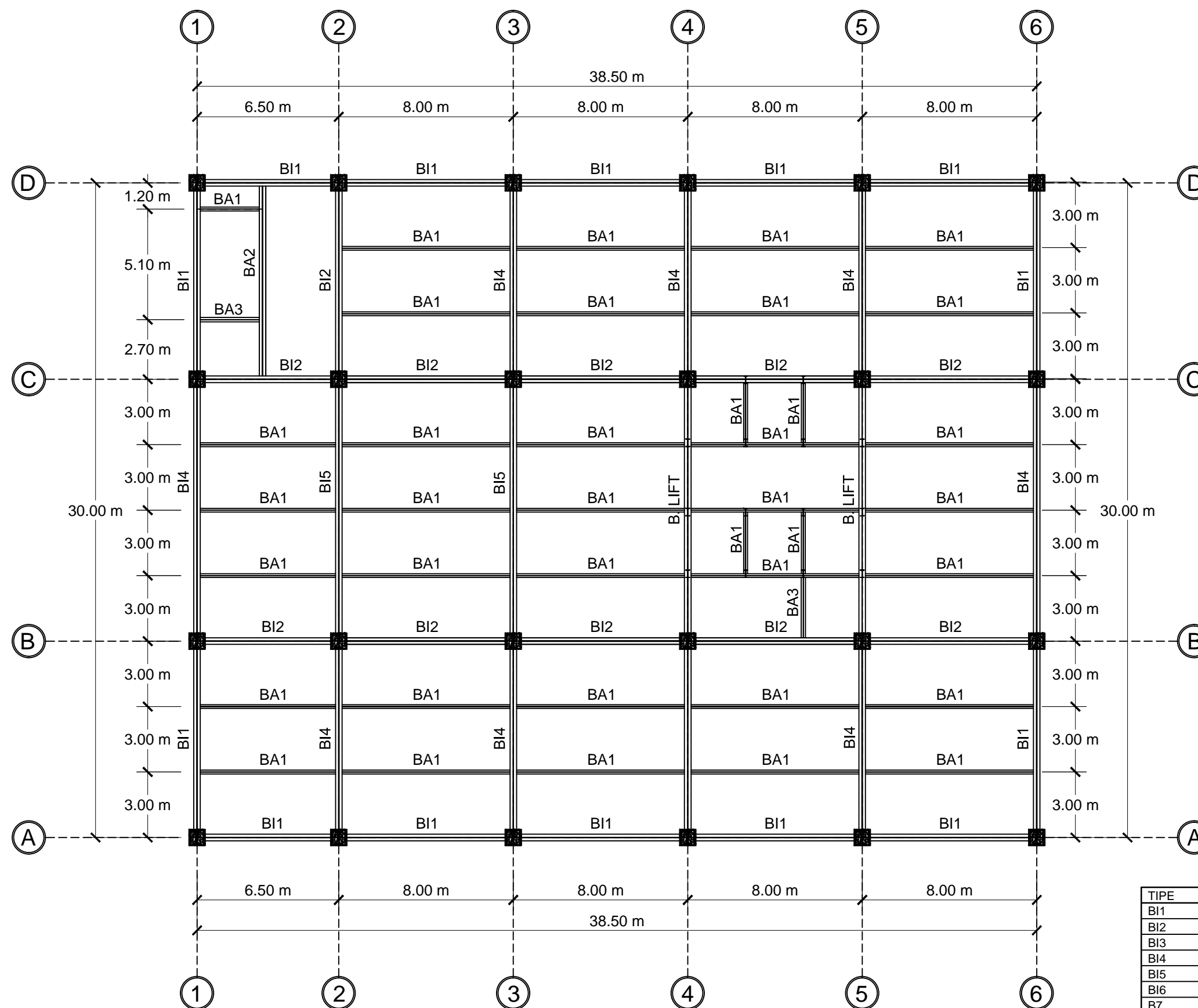
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

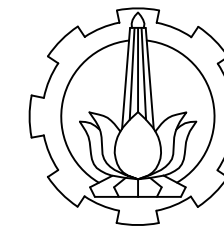
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 9 (+ 32.50) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	27	86



**R. BALOK LANTAI 9 (+ 32.50)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

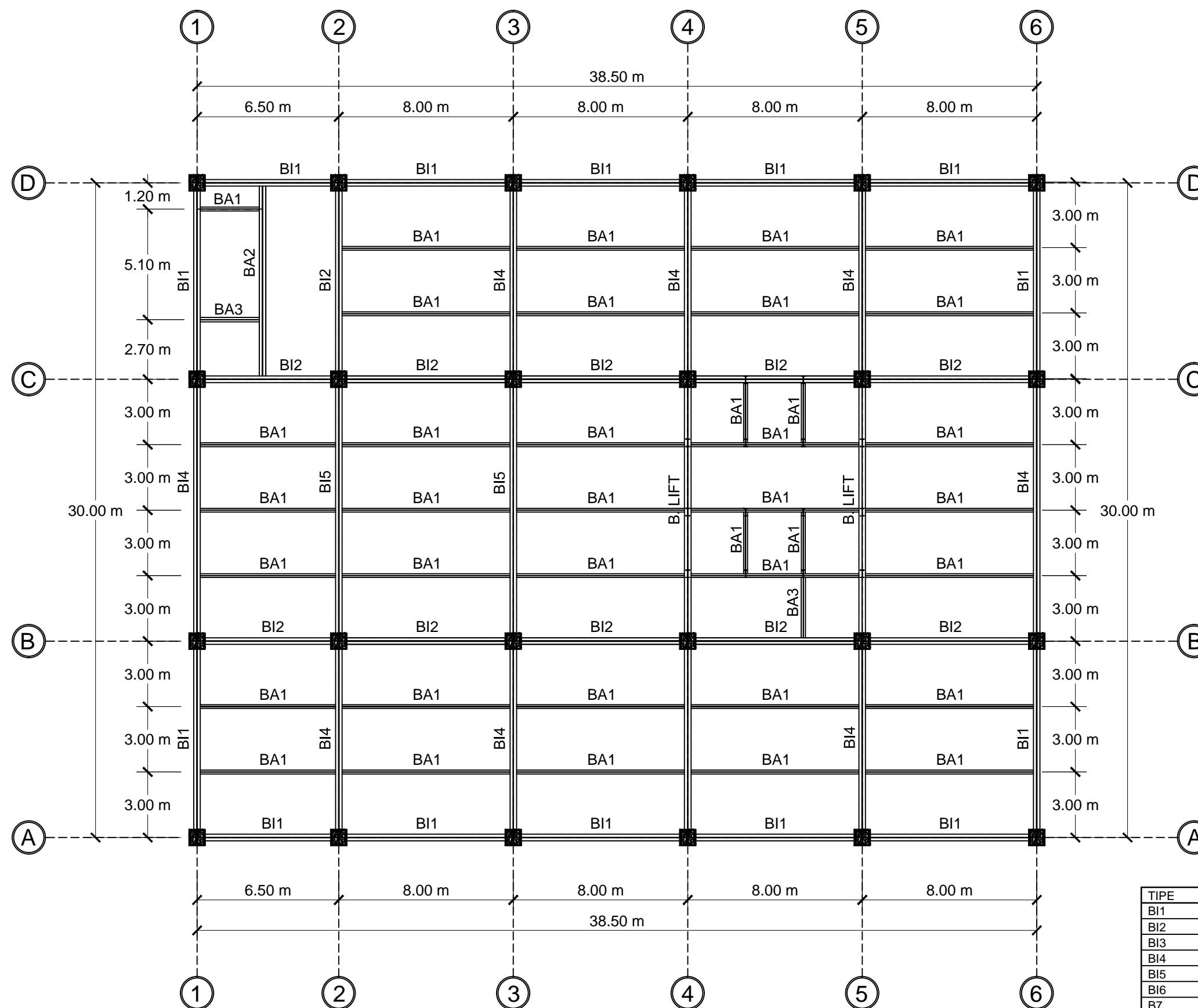
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

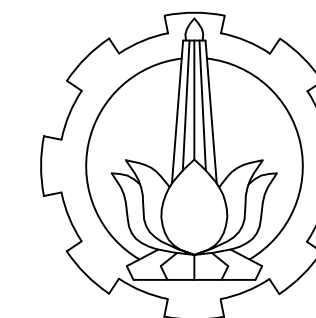
NAMA GAMBAR : SKALA :  
-R. Balok Lt. 10 (+ 35.80) : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	28	86



**R. BALOK LANTAI 10 (+ 35.80)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

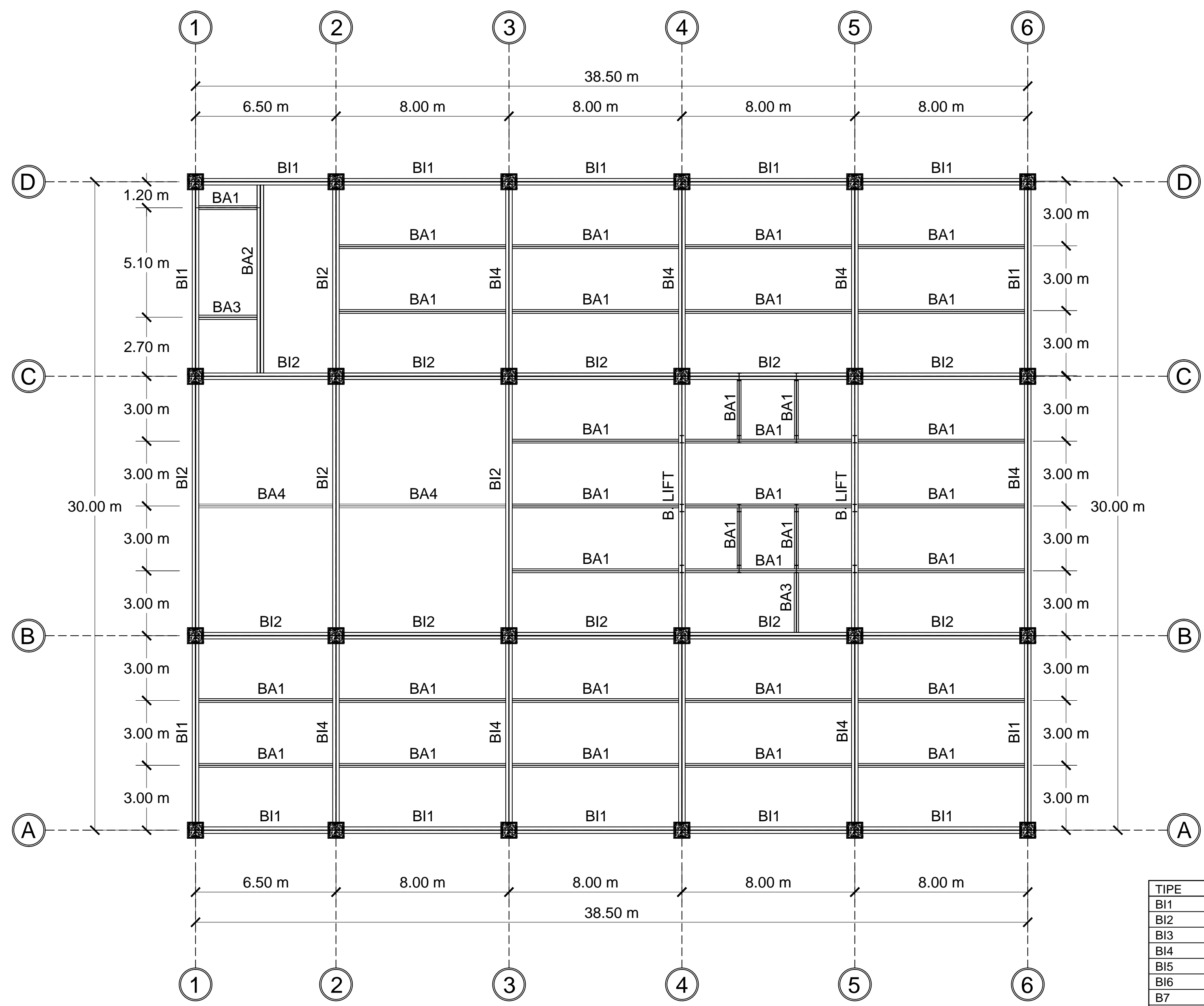
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. 11 (+ 39.10)	1 : 200

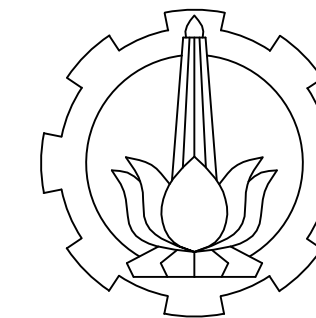
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	29	86



**R. BALOK LANTAI 11 (+ 39.10)**  
**SKALA 1: 200**

TYPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :  
PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :  
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :  
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

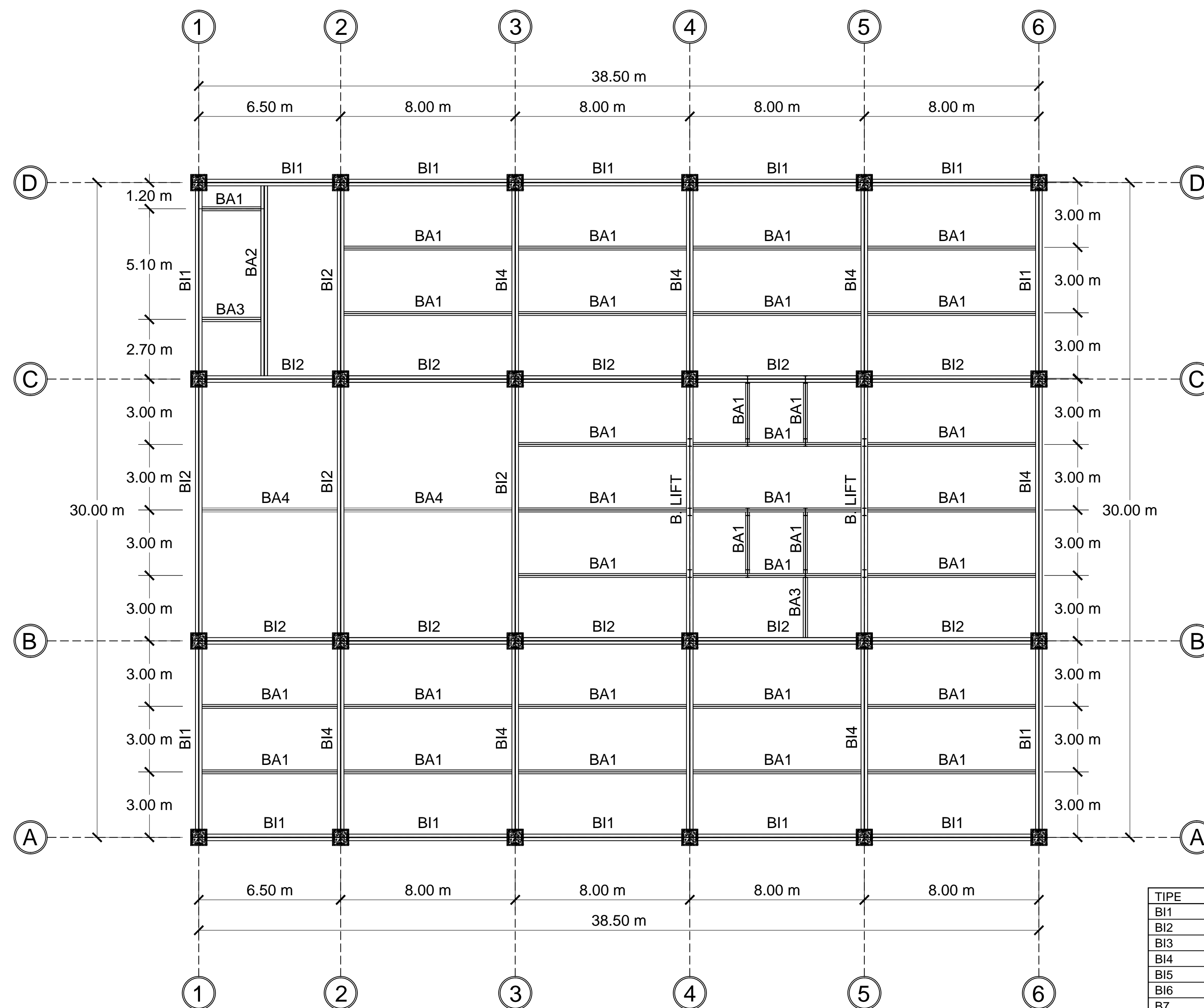
DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :  
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :  
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

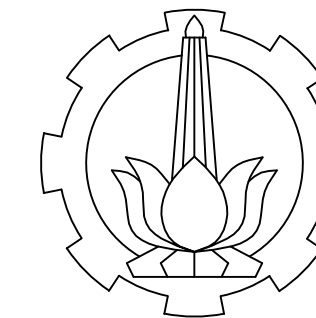
NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. 12 (+ 42.40)	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	30	86



**R. BALOK LANTAI 12 (+ 42.40)**  
**SKALA 1: 200**

TYPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

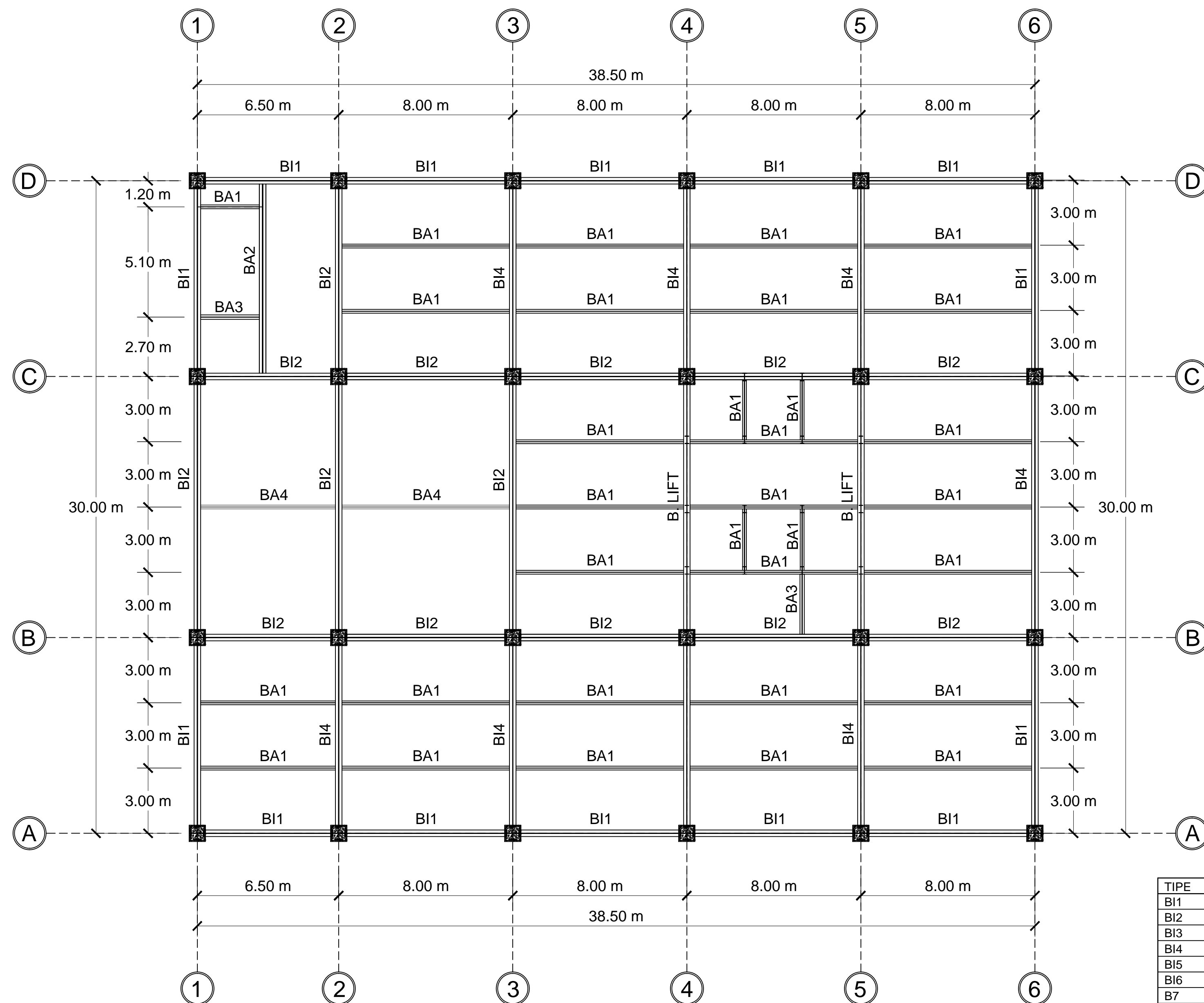
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

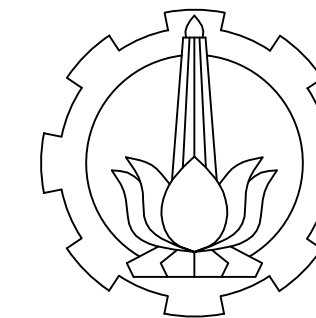
NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. 13 (+ 45.70)	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	31	86



**R. BALOK LANTAI 13 (+ 45.70)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

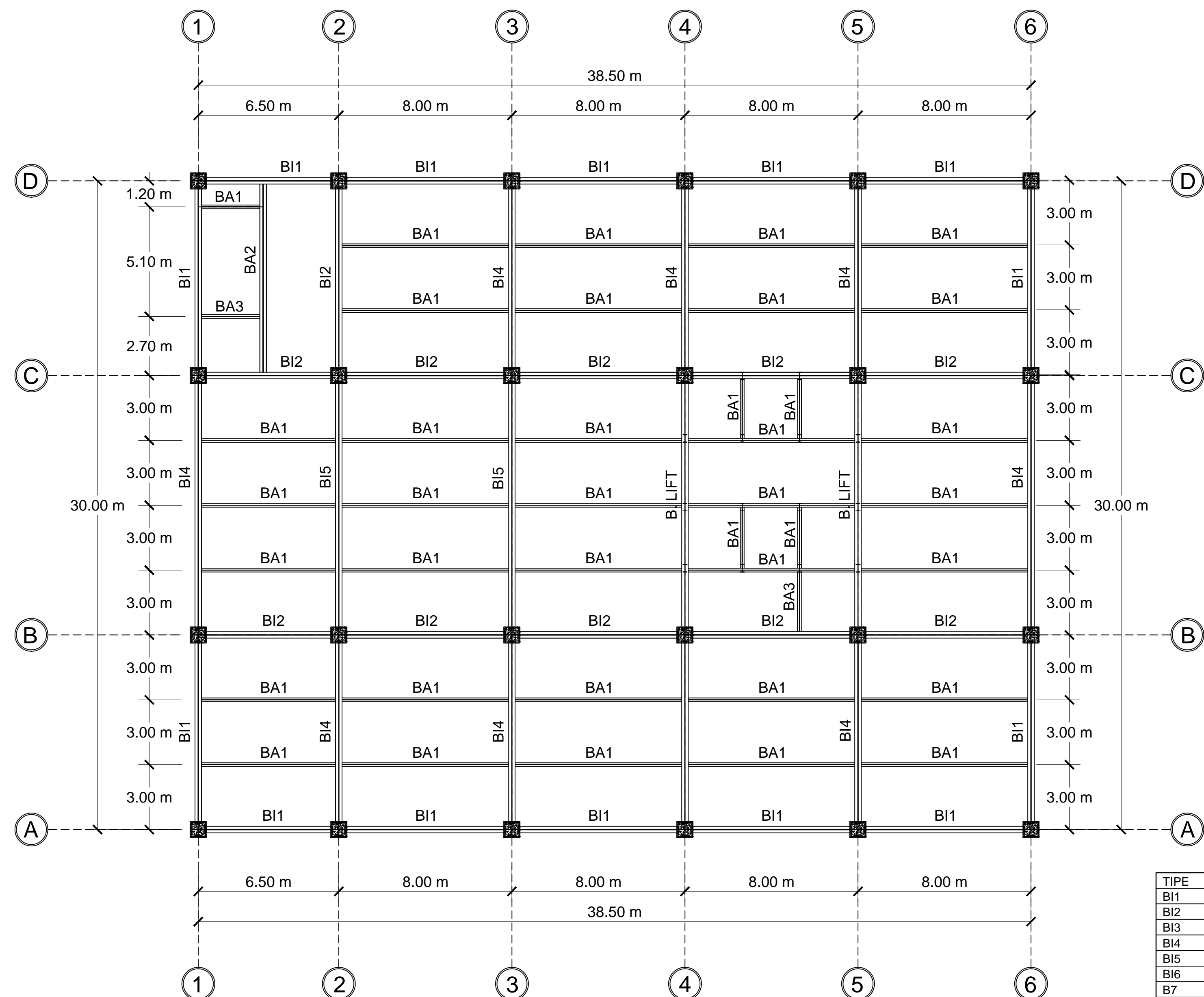
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u0} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

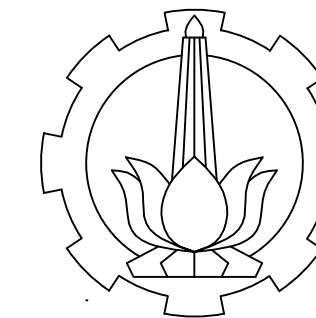
NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. 14 (+ 49.00)	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	32	86



**R. BALOK LANTAI 14 (+ 49.00)**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :  
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

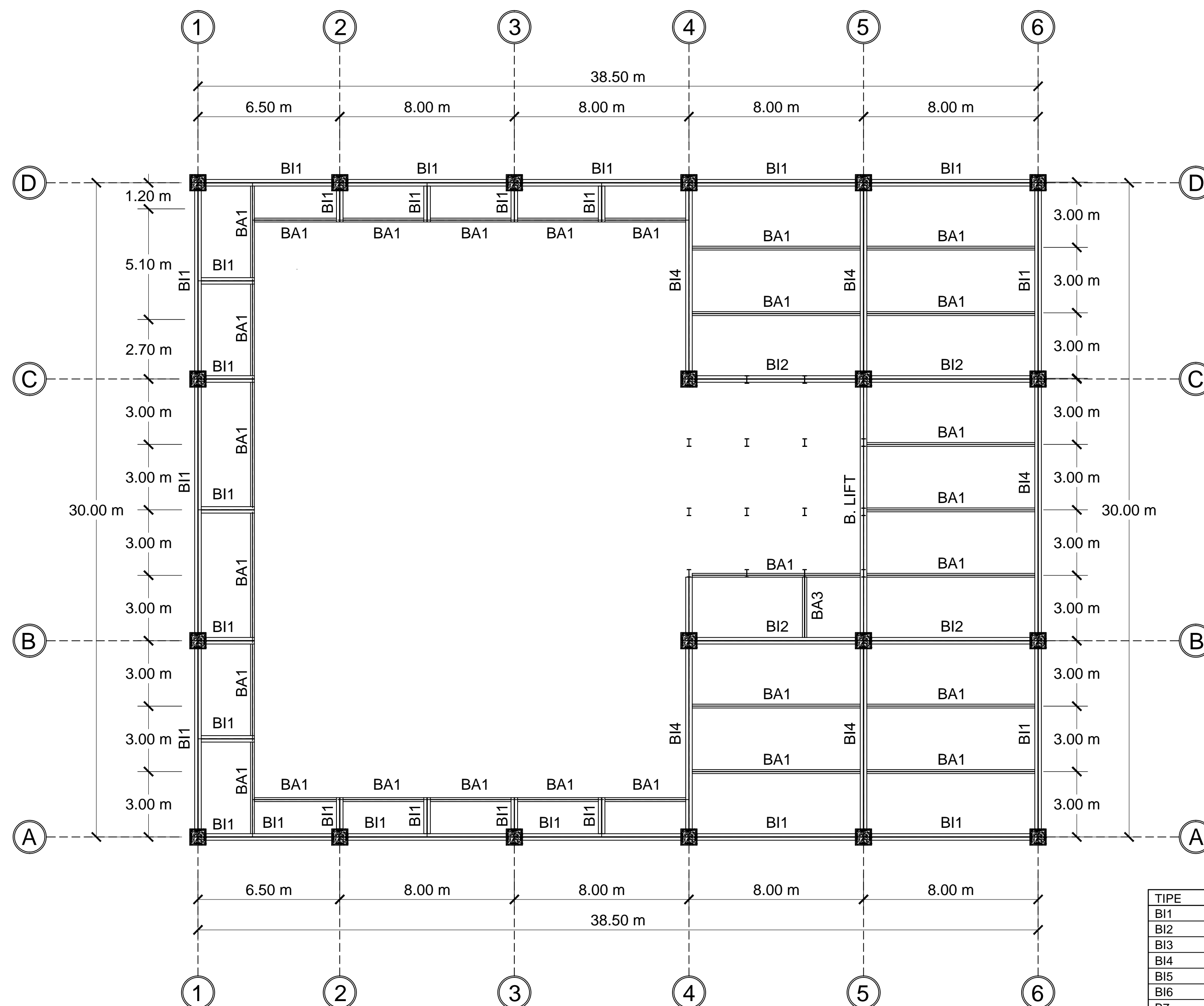
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

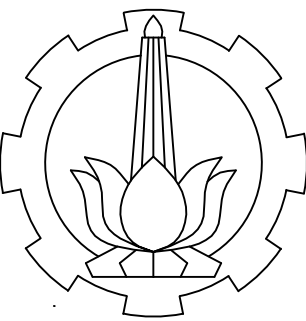
NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. 15 (+ 53.00)	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	33	86



**R. BALOK LANTAI 15**  
**SKY LOUNGE (+ 53.00)**  
**SKALA 1: 200**

TYPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Balok Elevasi + 53.60

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

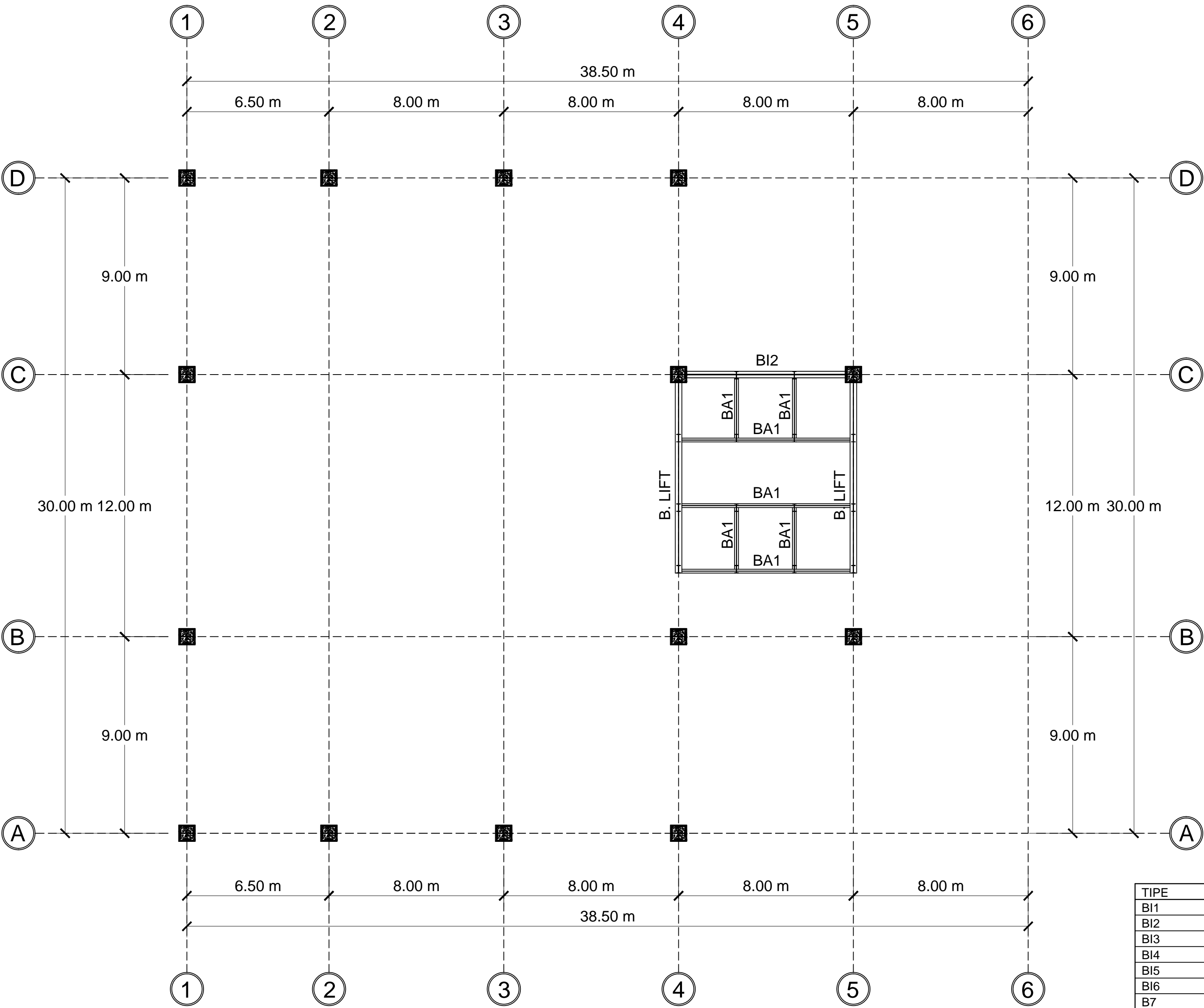
**STR**

NO.  
LEMBAR

**34**

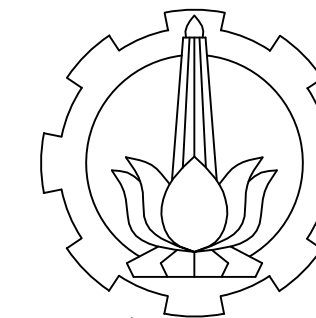
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**R. BALOK ELEVASI + 53.60**  
**SKALA 1: 200**

TYPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

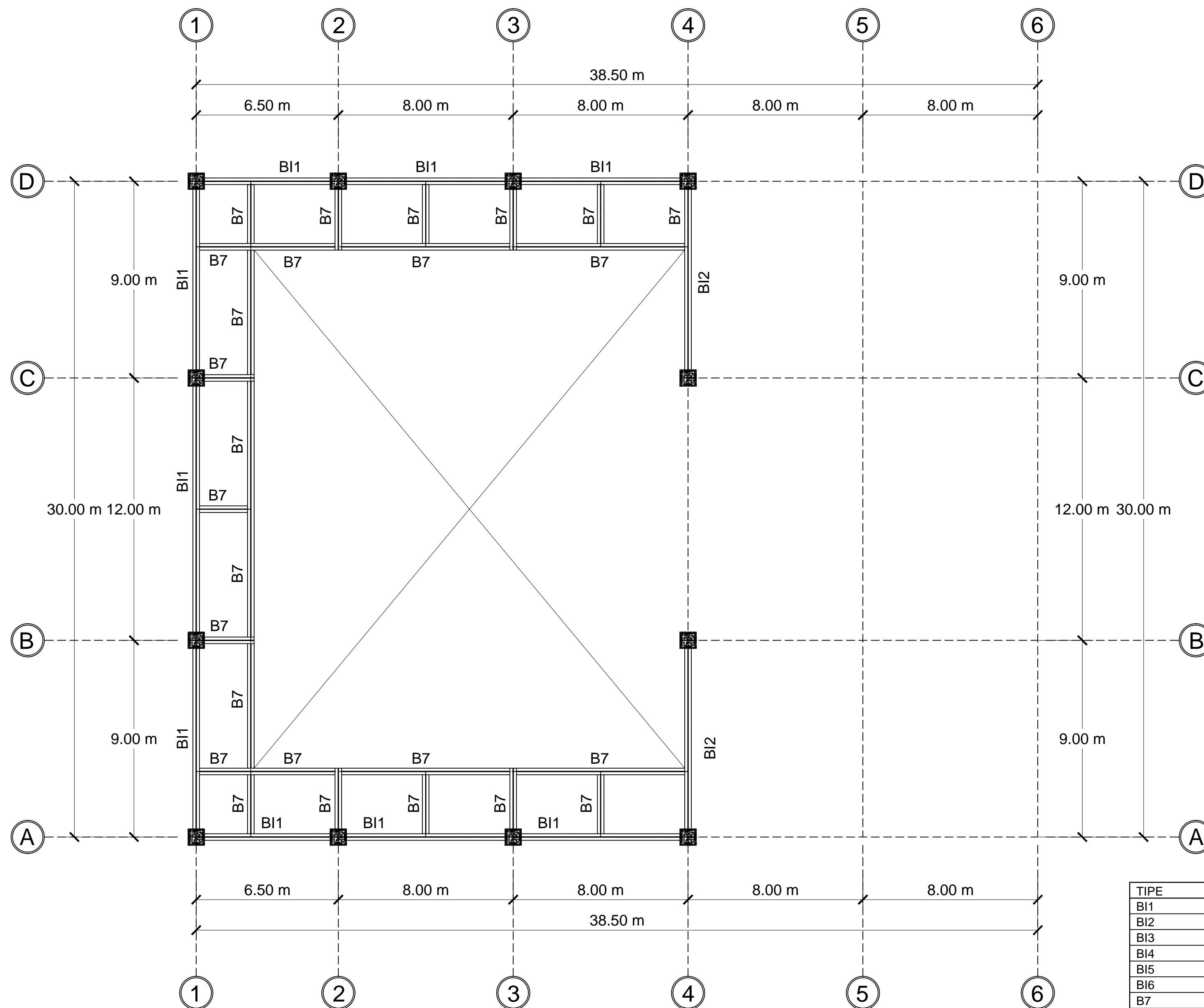
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

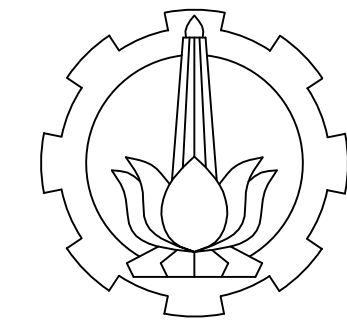
NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Elevasi + 56.00	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	35	86



**R. BALOK ELEVASI + 56.00**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

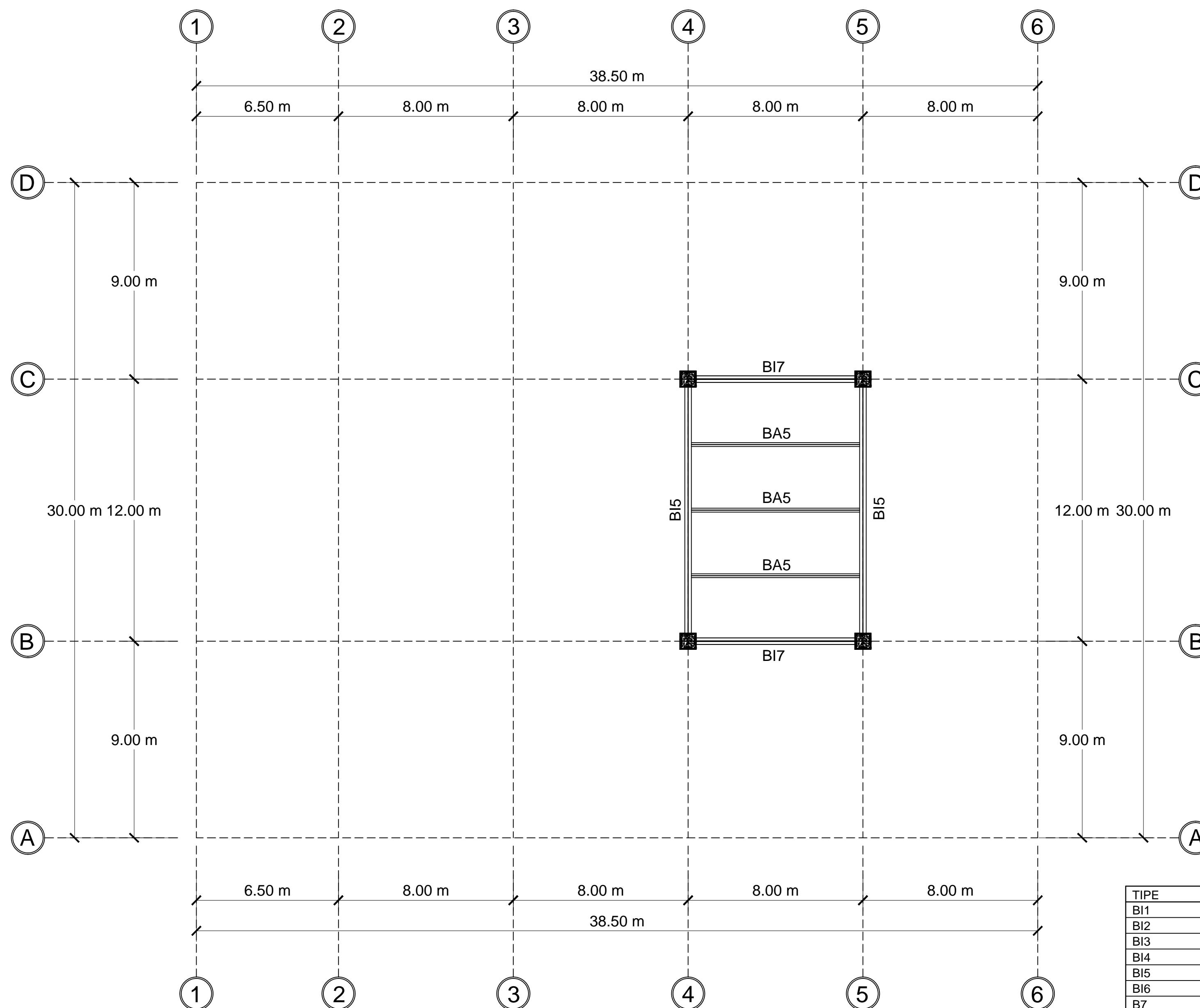
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

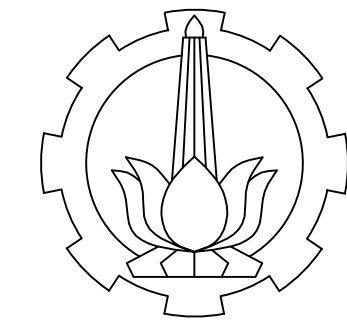
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-R. Balok Lt. Atap (+ 56.60)	1 : 200

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	36	86



TIPE	PROFIL
BI1	HY 450x300x12x22
BI2	HY 450x300x12x25
BI3	HY 650x300x16x32
BI4	HY 500x300x16x32
BI5	HY 650x300x14x28
BI6	WF 400x300x11x18
B7	HY 450x300x12x25
BI7	WF 450x200x9x14
BA1	WF 350x175x7x11
BA2	HY 450x300x12x22
BA3	WF 400x200x9x13
BA4	WF 400x300x11x18
BA5	WF 300x150x6.5x9
B. LIFT	HY 500x300x16x32
BRESING 1	WF 390x300x10x16
BRESING 2	WF 400x200x9x13



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Kolom Lt. 1 s/d Lt. 3

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

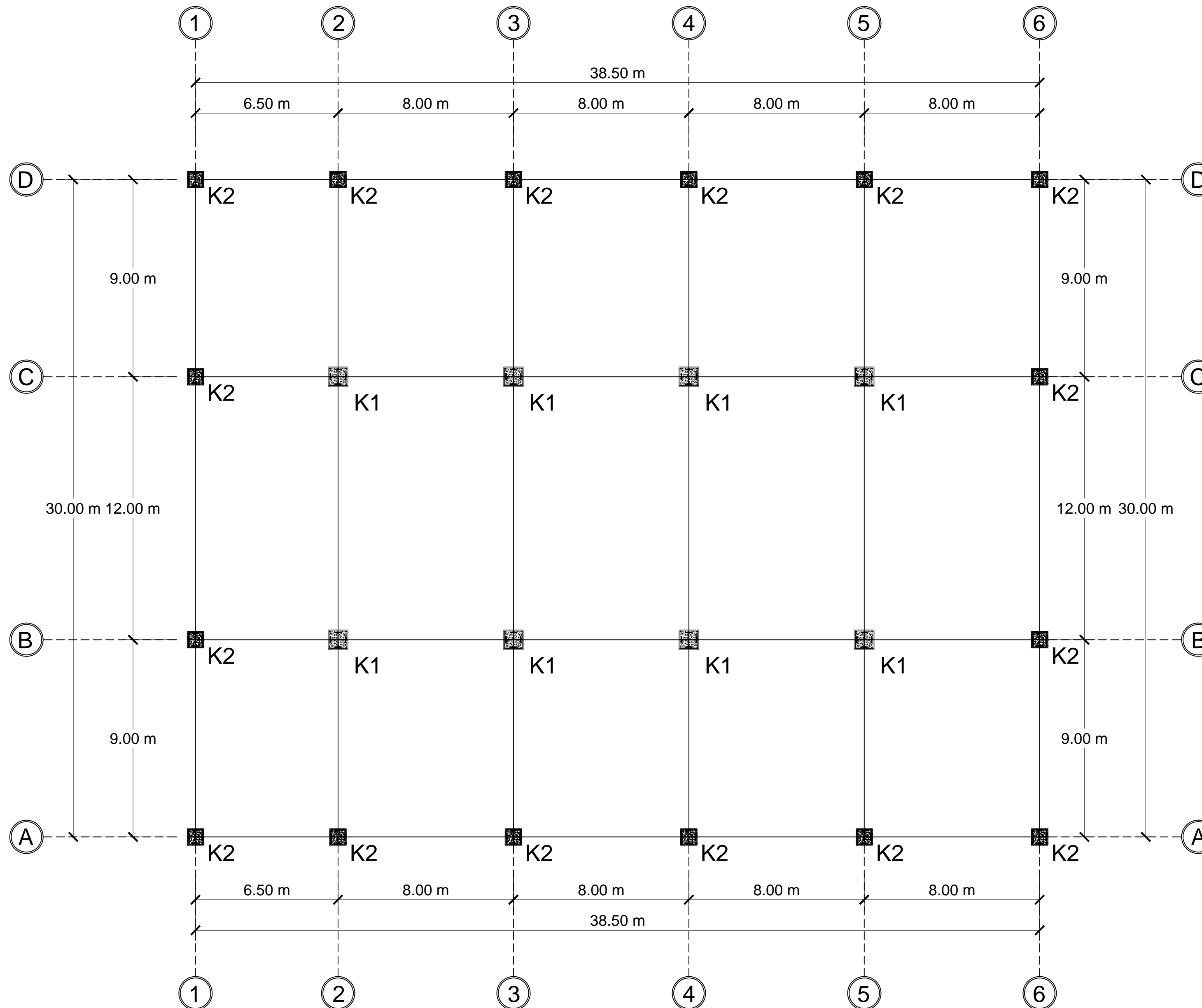
**STR**

NO.  
LEMBAR

**37**

JUMLAH  
GAMBAR

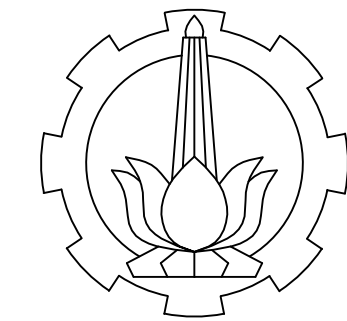
**86**



**R. KOLOM LT. 1 S/D LT.3**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL	DIMENSI
K1	KC 700x300x13x24	850 mm x 850 mm
K2	KC 588x300x12x20	750 mm x 750 mm





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Kolom Lt. 4 s/d Lt. Atap

SKALA

1 : 200

KODE  
GAMBAR

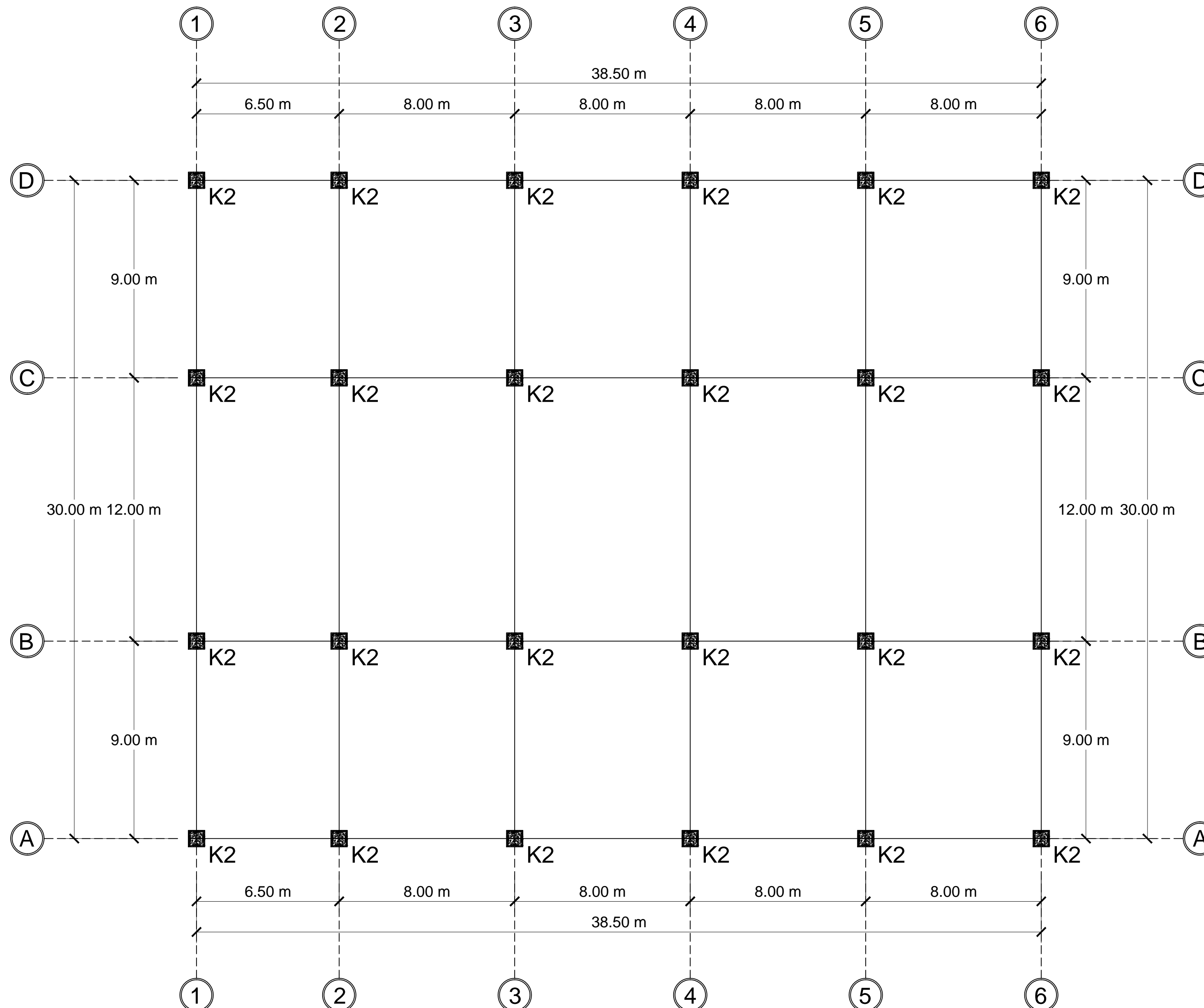
**STR**

NO.  
LEMBAR

**38**

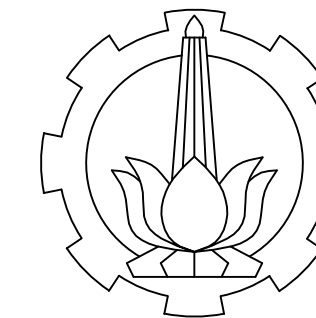
JUMLAH  
GAMBAR

**86**



**R. KOLOM LT. 4 S/D LT. ATAP**  
**SKALA 1: 200**

TIPE	PROFIL	DIMENSI
K1	KC 700x300x13x24	850 mm x 850 mm
K2	KC 588x300x12x20	750 mm x 750 mm



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-R. Penulangan Pelat Lantai

SKALA

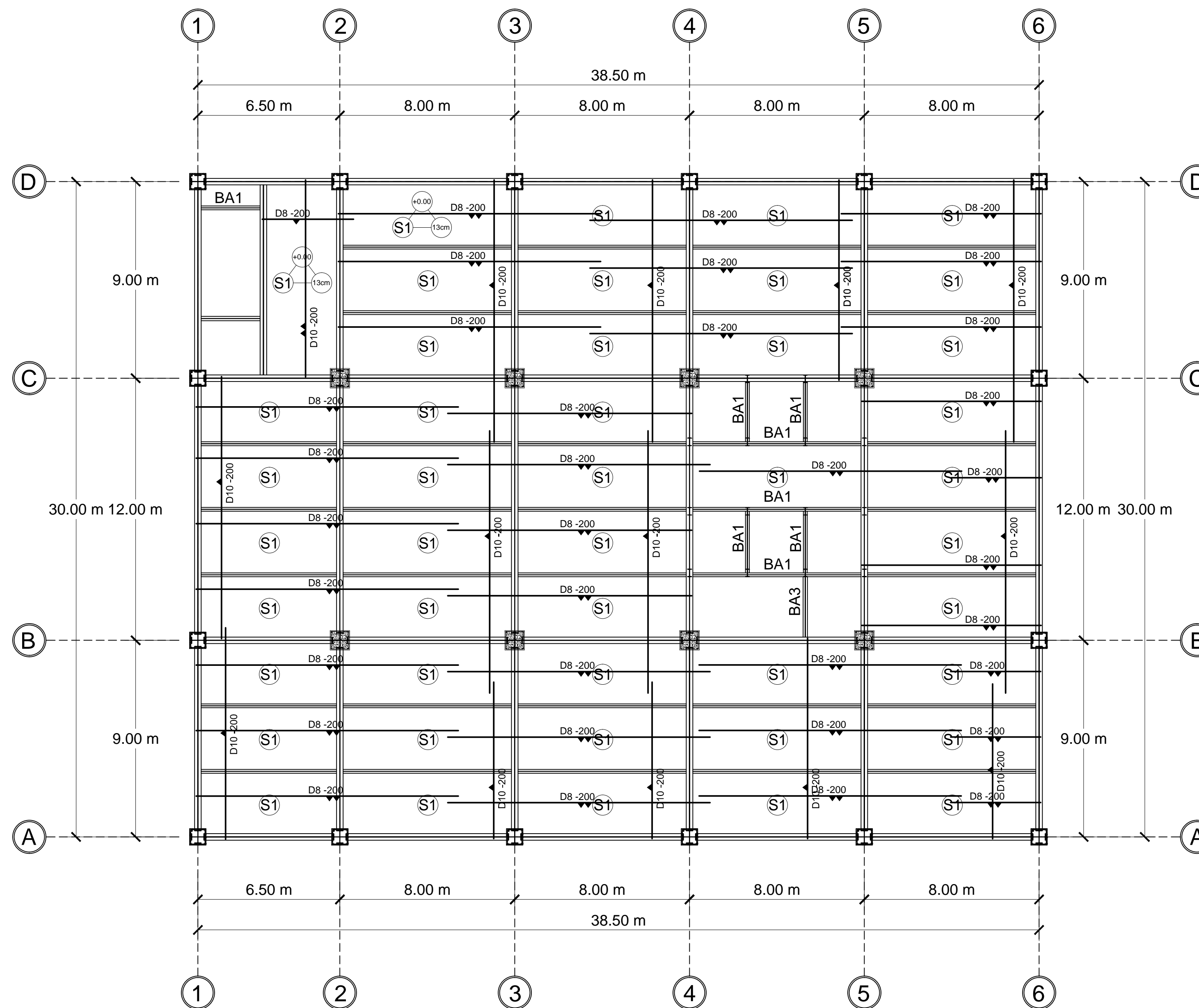
1 : 200

KODE GAMBAR

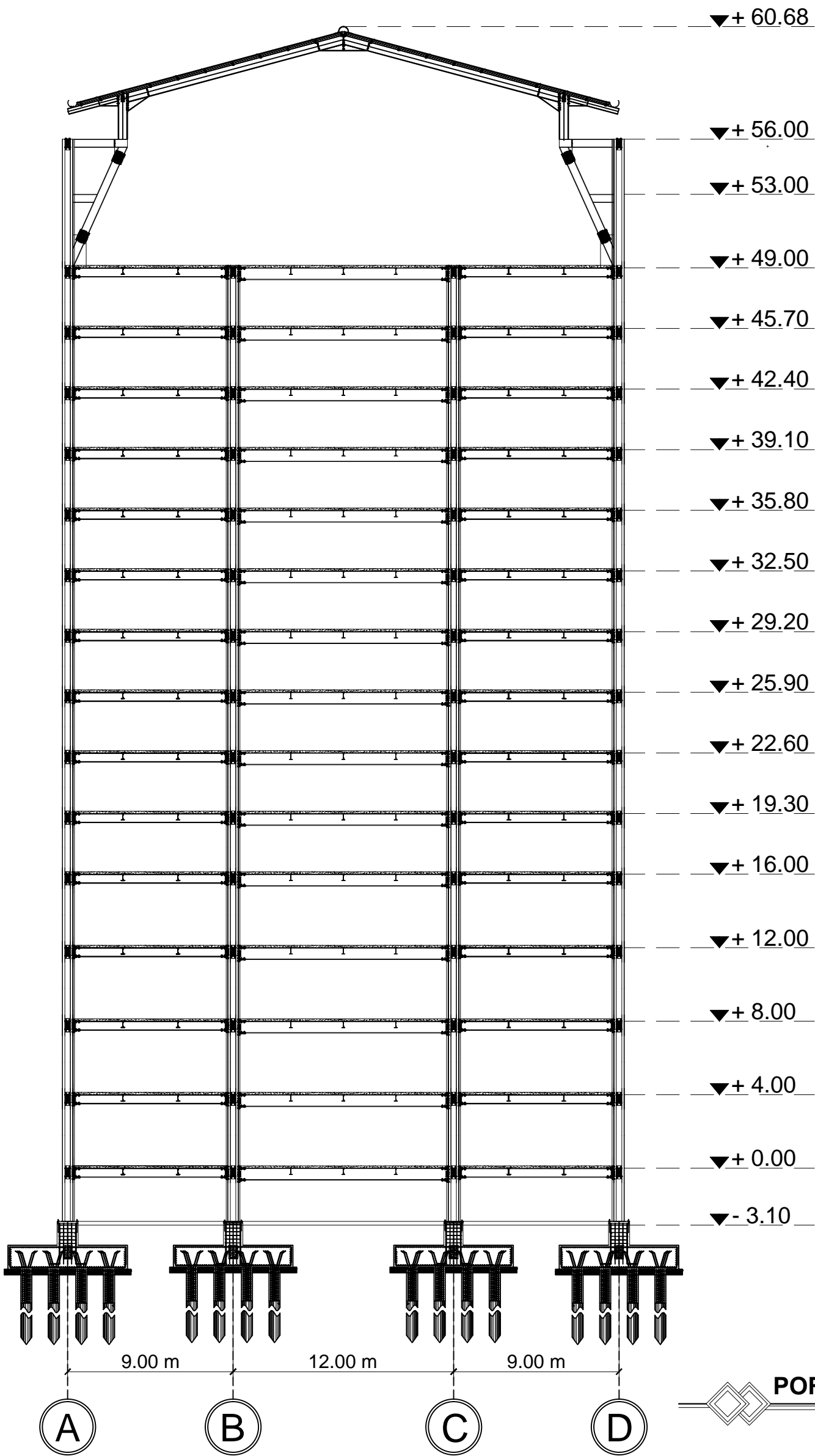
NO. LEMBAR

JUMLAH GAMBAR

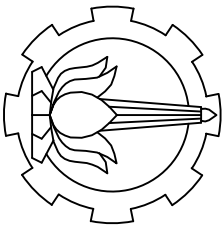
STR 39 86



**R. PENULANGAN PELAT LANTAI**  
**SKALA 1: 200**



PORTAL 2-2 & PORTAL 3-3  
SKALA 1: 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

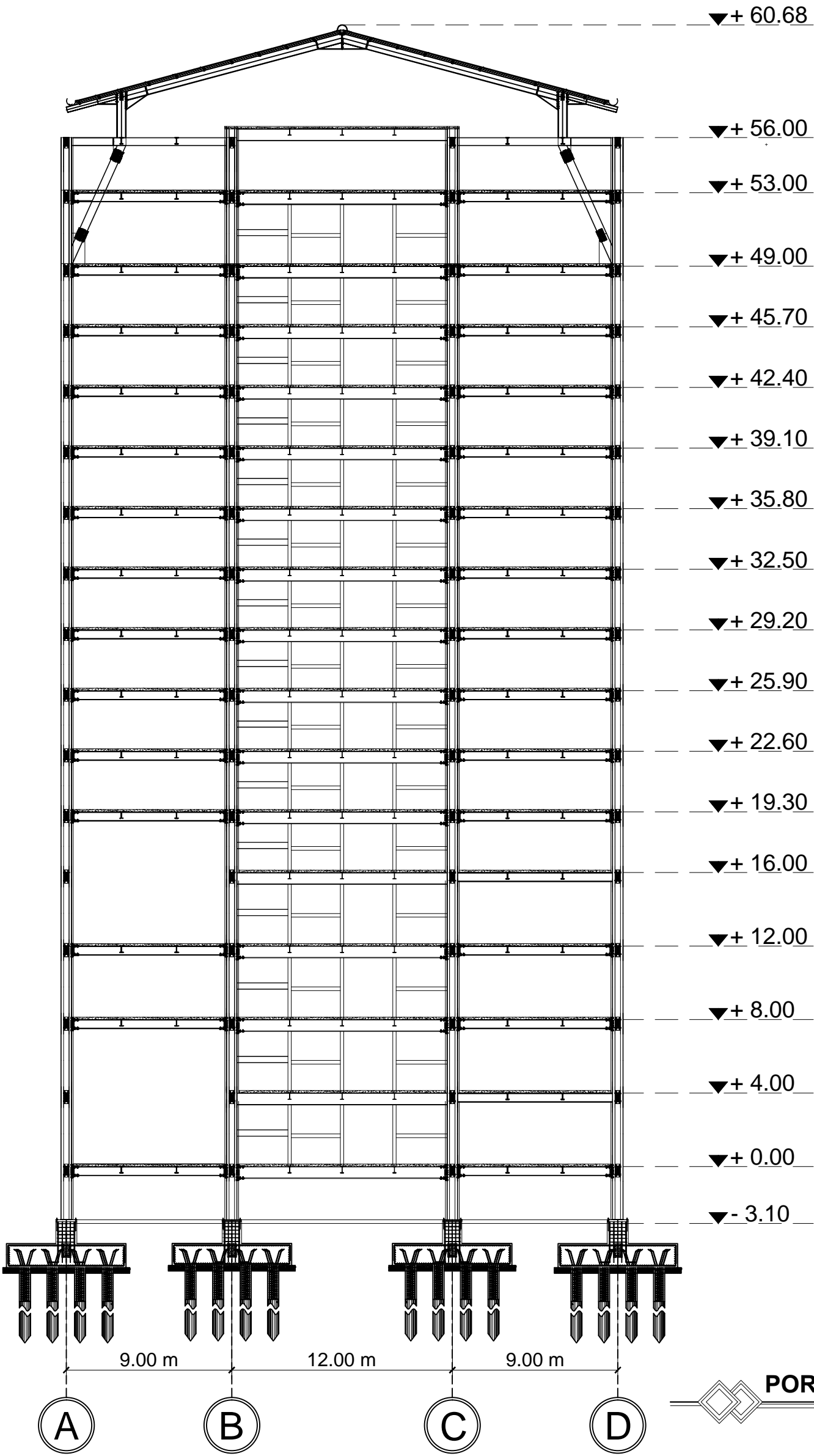
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830 \text{ MPa}$   
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR : SKALA

-Portal 2-2 & Portal 3-3

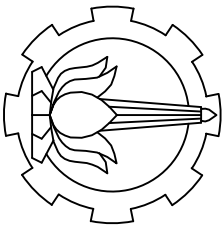
1 : 250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	40	86



PORTAL 4-4

SKALA 1: 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{EXX} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

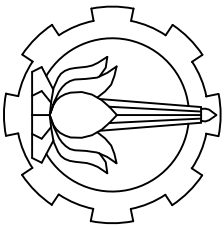
NAMA GAMBAR

SKALA

-Portal 4-4

1 : 250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	41	86



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

NAMA GAMBAR

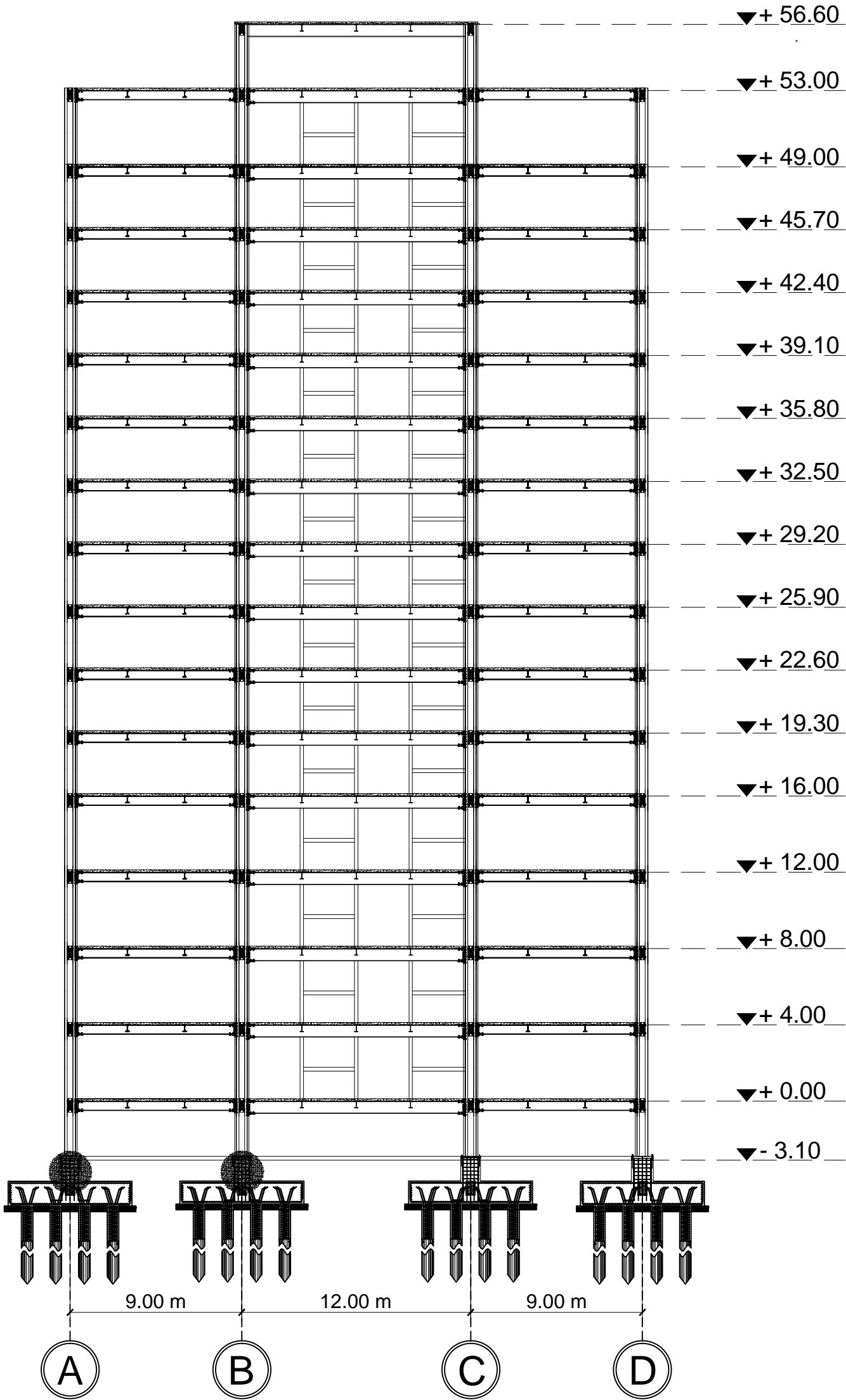
-Portal 5-5

SKALA

1 : 250

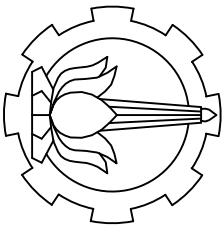
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	42	86
-----	----	----



PORTAL 5-5

SKALA 1: 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

NAMA GAMBAR

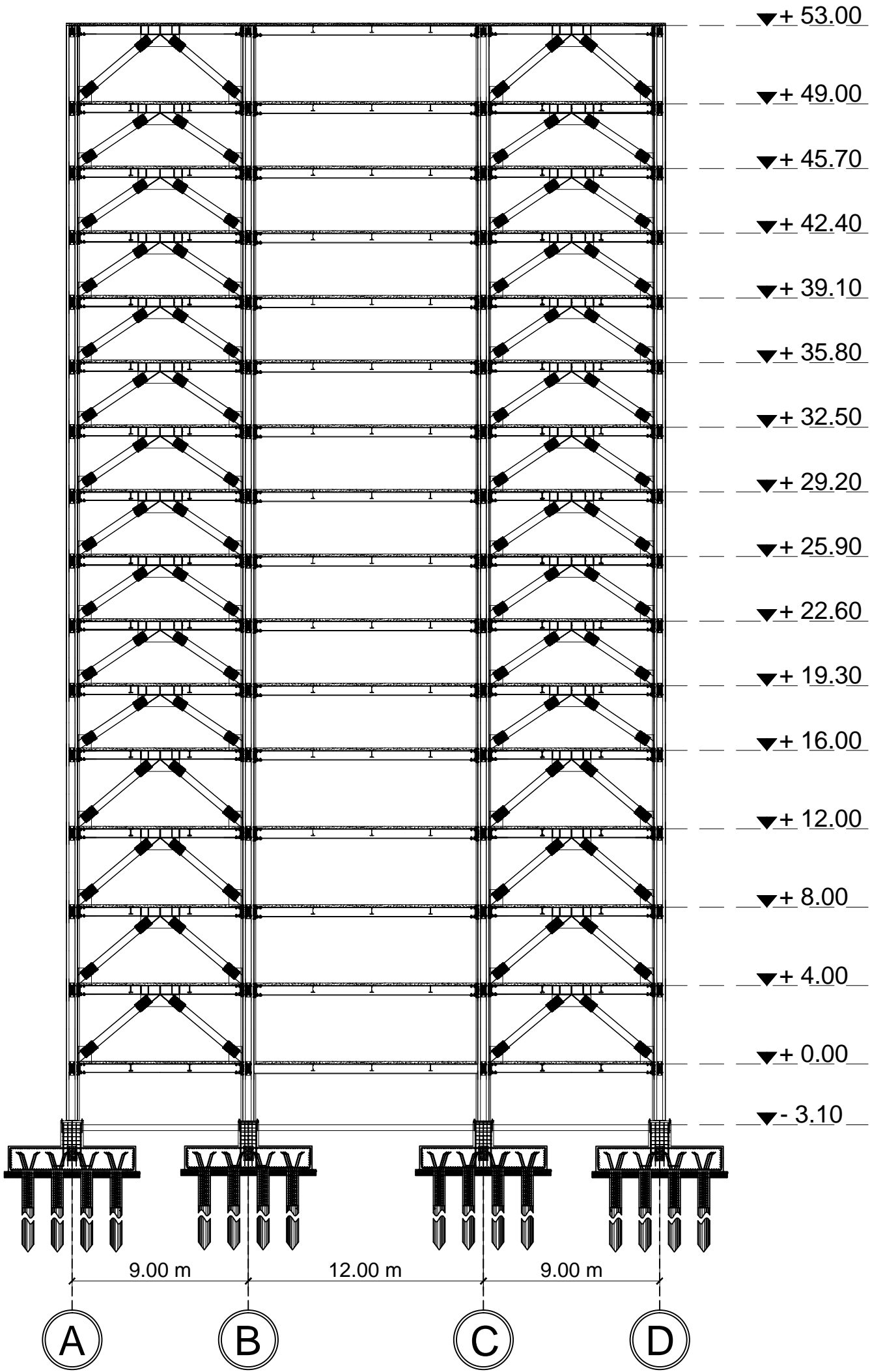
-Portal 6-6

SKALA

1 : 250

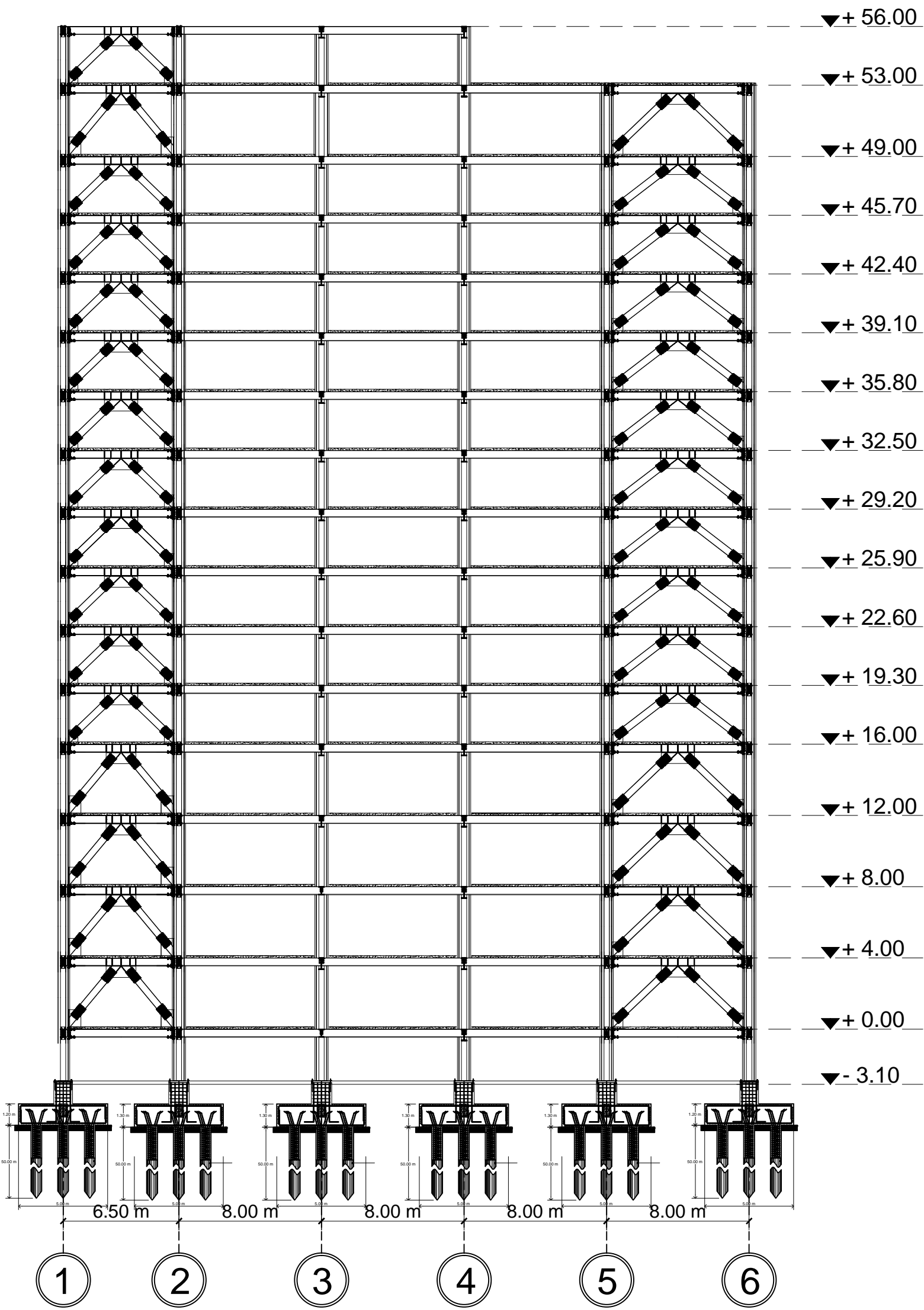
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	43	86
-----	----	----



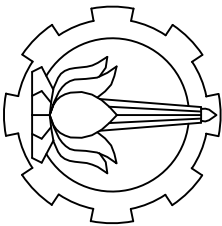
PORTAL 6-6

SKALA 1: 250



PORTAL A-A & PORTAL D-D

SKALA 1: 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830 \text{ MPa}$   
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

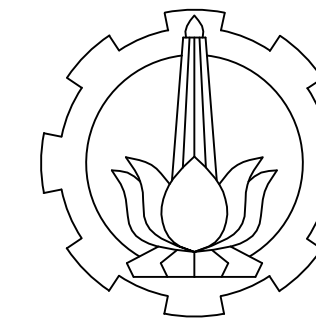
NAMA GAMBAR

SKALA

-Portal A-A & D-D

1 : 250

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	44	86



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

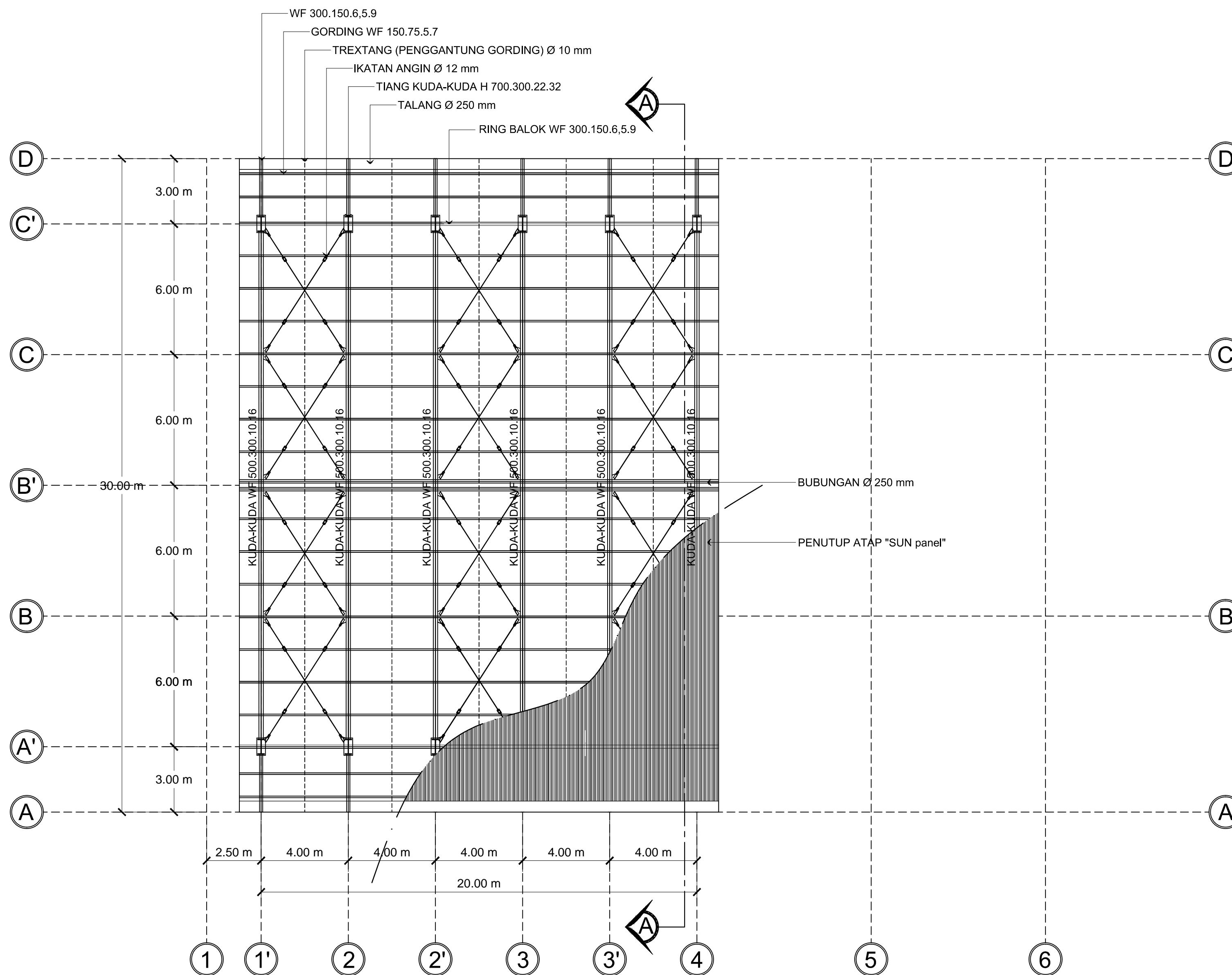
Rencana Atap

SKALA

1 : 200

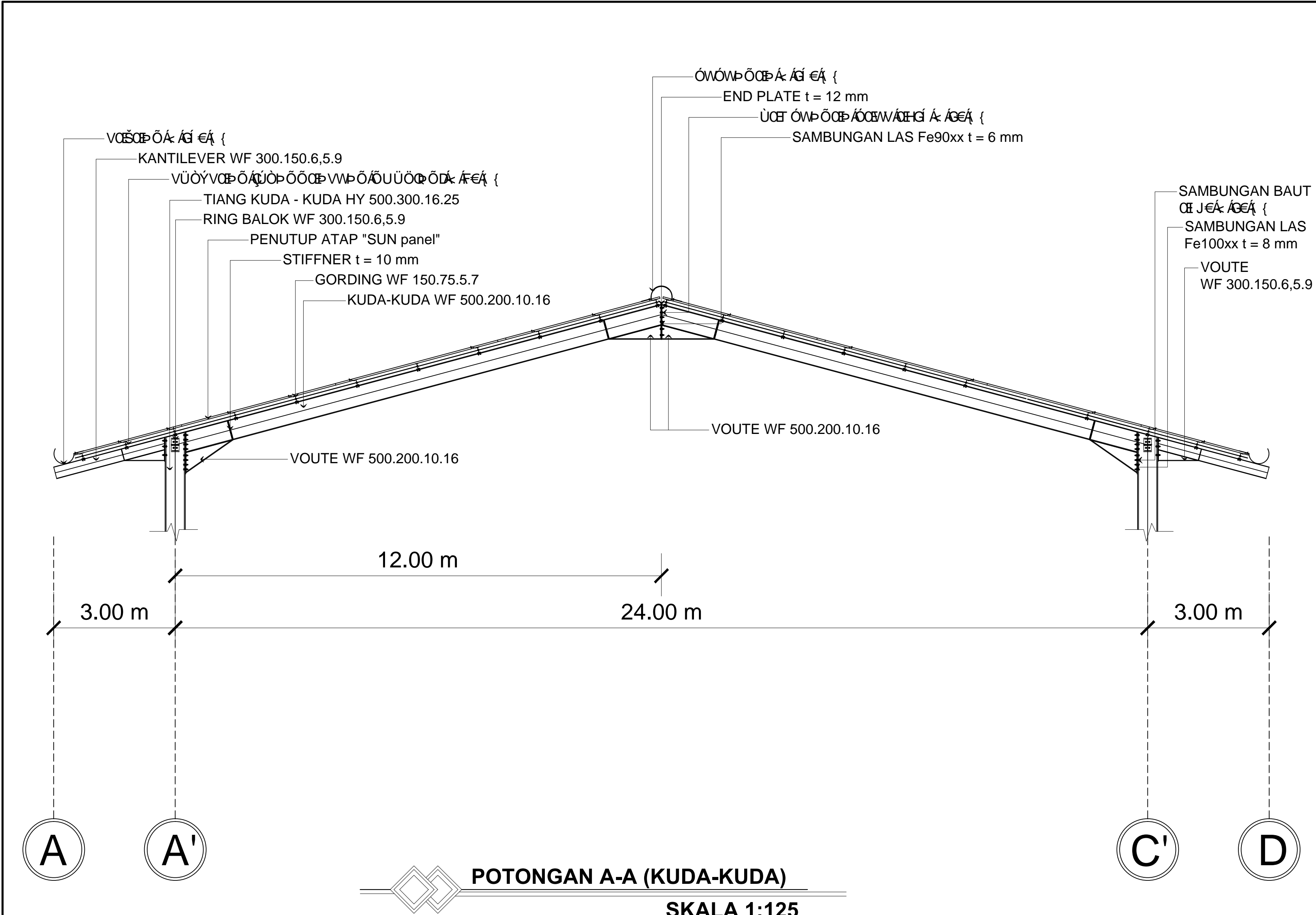
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	45	86
-----	----	----

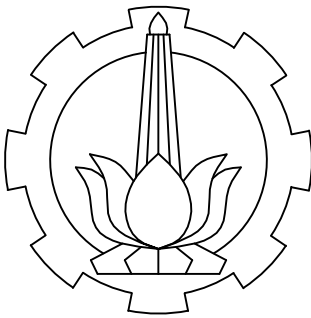


**RENCANA ATAP**  
**SKALA 1:200**





**POTONGAN A-A (KUDA-KUDA)**  
**SKALA 1:125**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :  
PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599  
JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :  
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :  
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

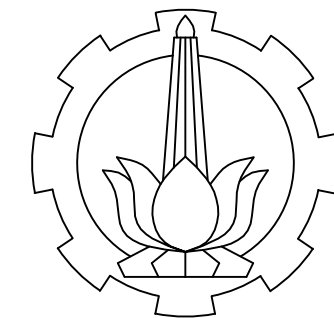
DOSEN PENGUJI I  
  
DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :  
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :  
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
Potongan A-A (Kuda-Kuda)	1 : 125

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	46	86



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :  
PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :  
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :  
DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

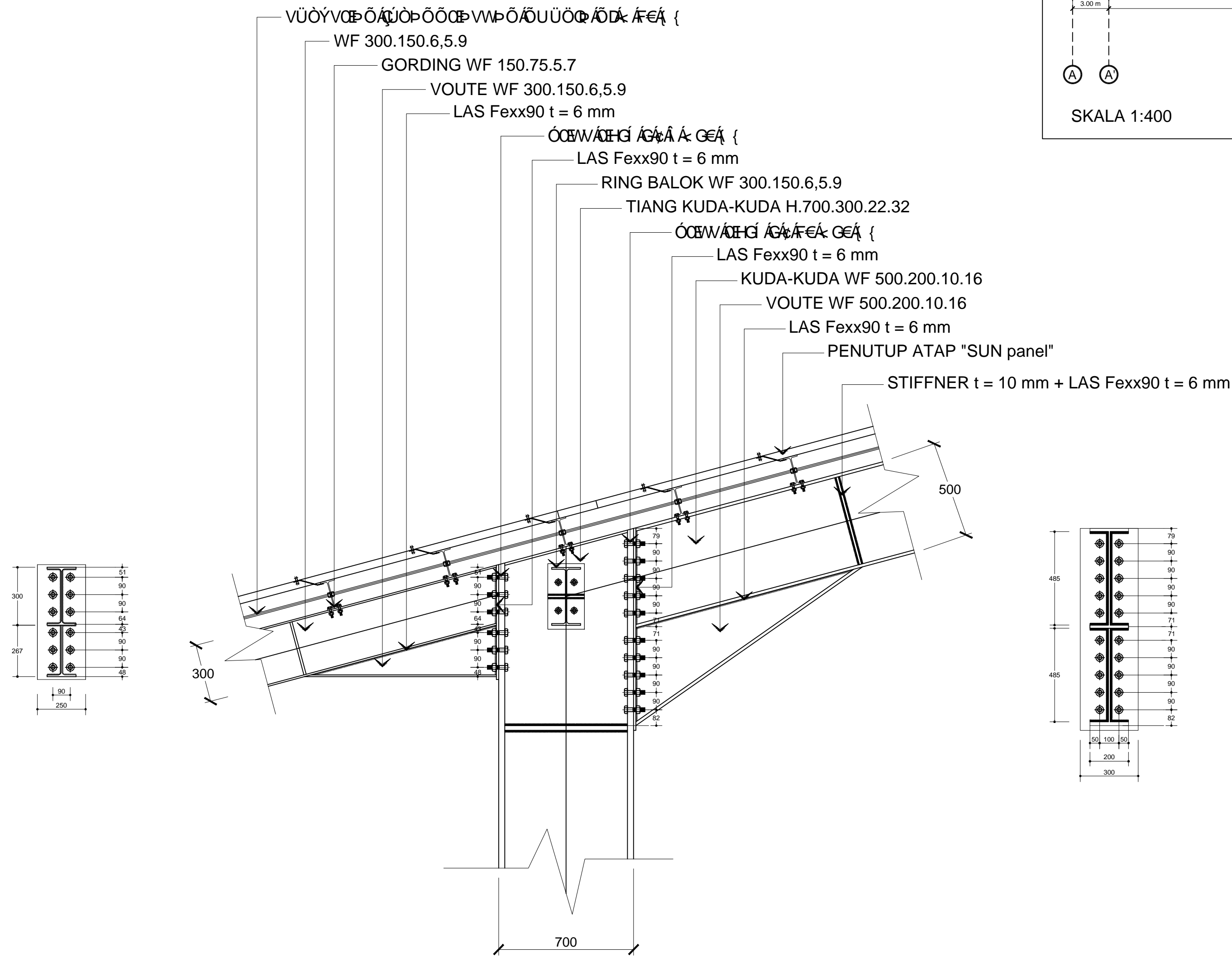
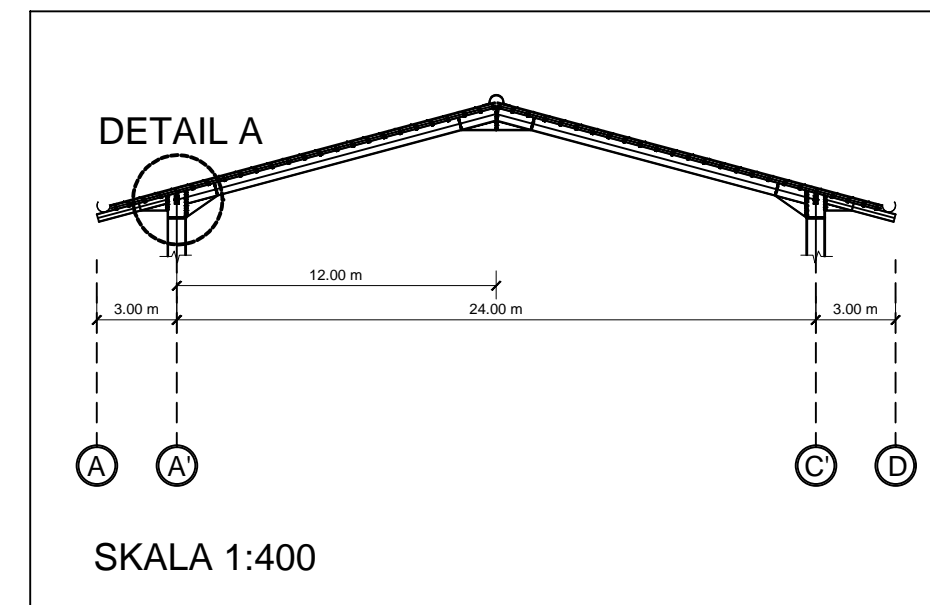
DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :  
Suwarni  
NRP. 3113041099

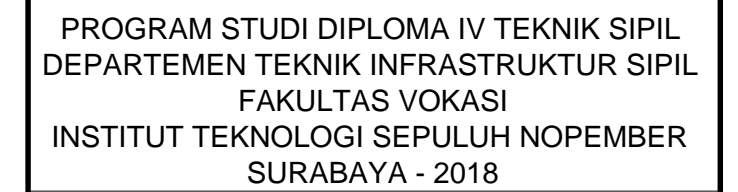
KETERANGAN :  
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
Detail A (Sambungan Kuda-kuda)	1 : 25

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	47	86



**DETAIL A (SAMBUNGAN KUDA-KUDA)**  
**SKALA 1:25**



PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

DOSEN PEMBIMBING

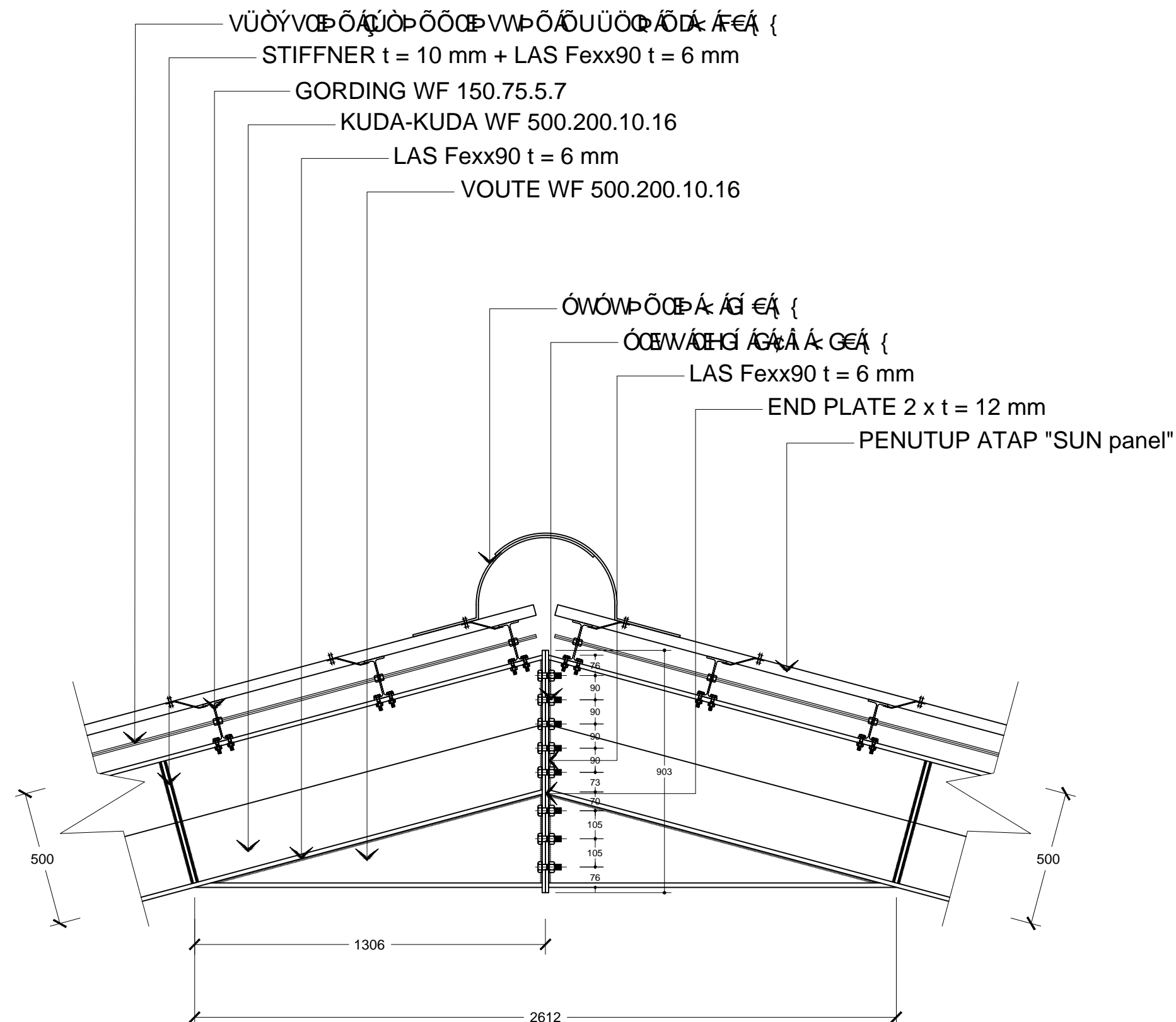
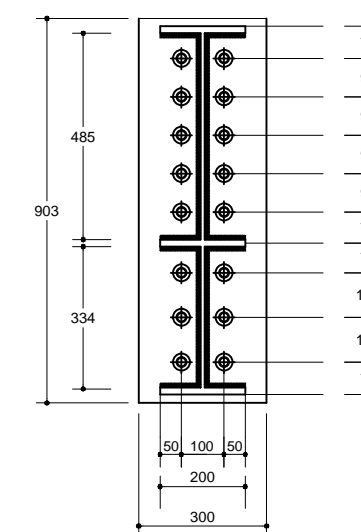
DOSEN PENGUJI I

Suwarni  
NRP. 3113041099

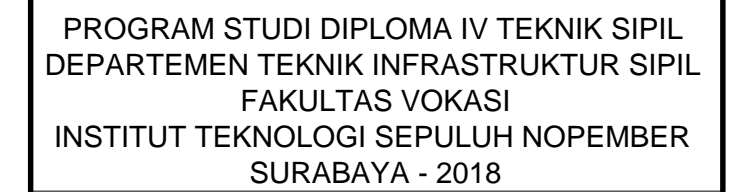
Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

1 : 25
--------

86



**SKALA 1:25**



PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES

NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI II

Suwarni

Suwarni  
NRP. 3113041099

Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 1(H 450x300x12x25 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10
--------

-Potongan A-A Tipe 1

1 : 10

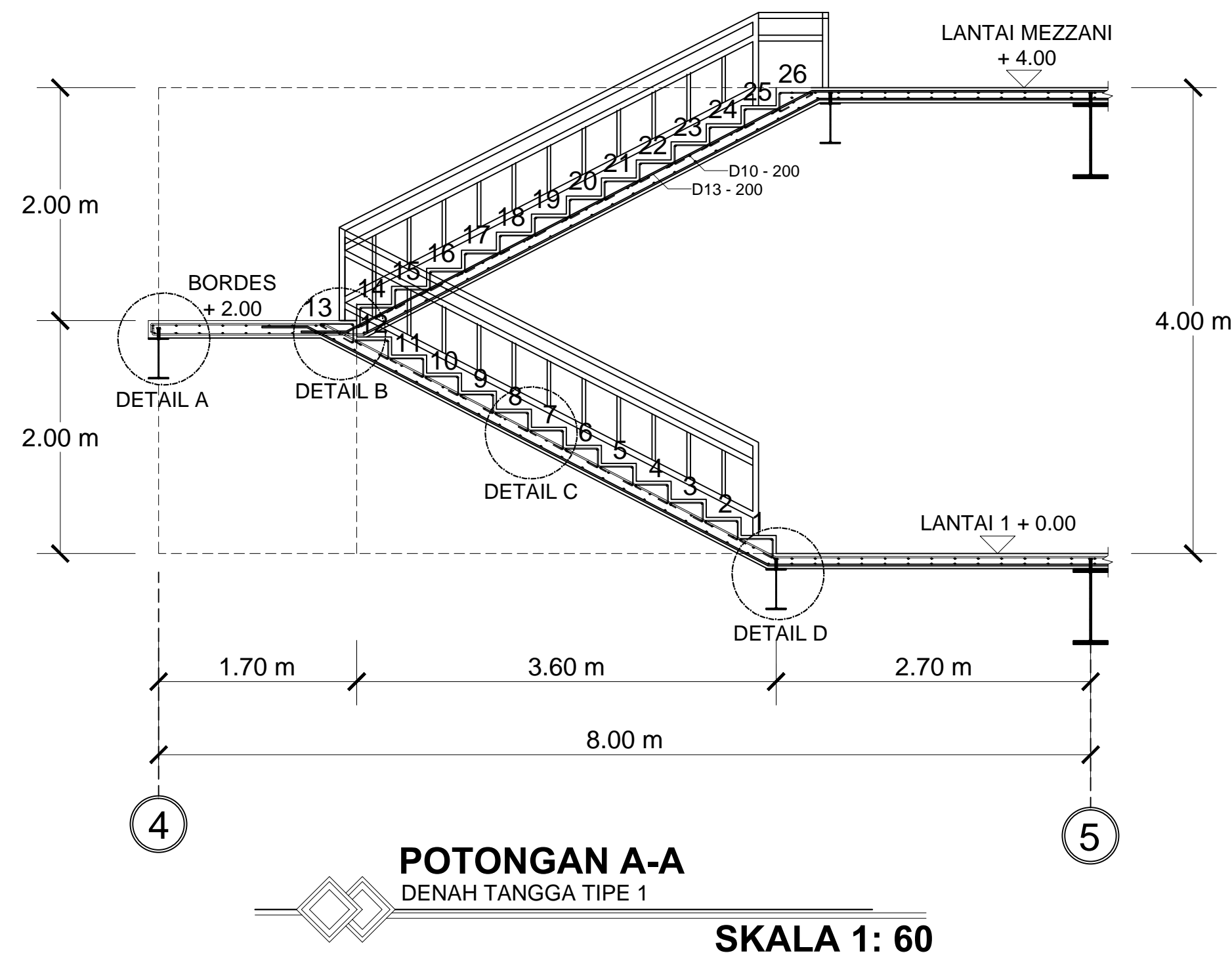
-Detail Jarak Baut Tipe 1

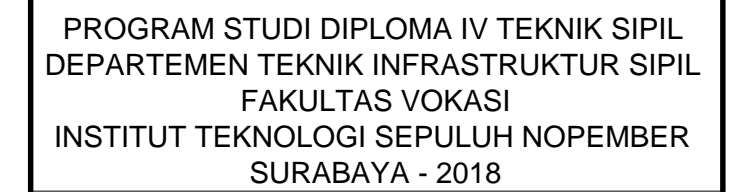
1 : 10

NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

86





PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

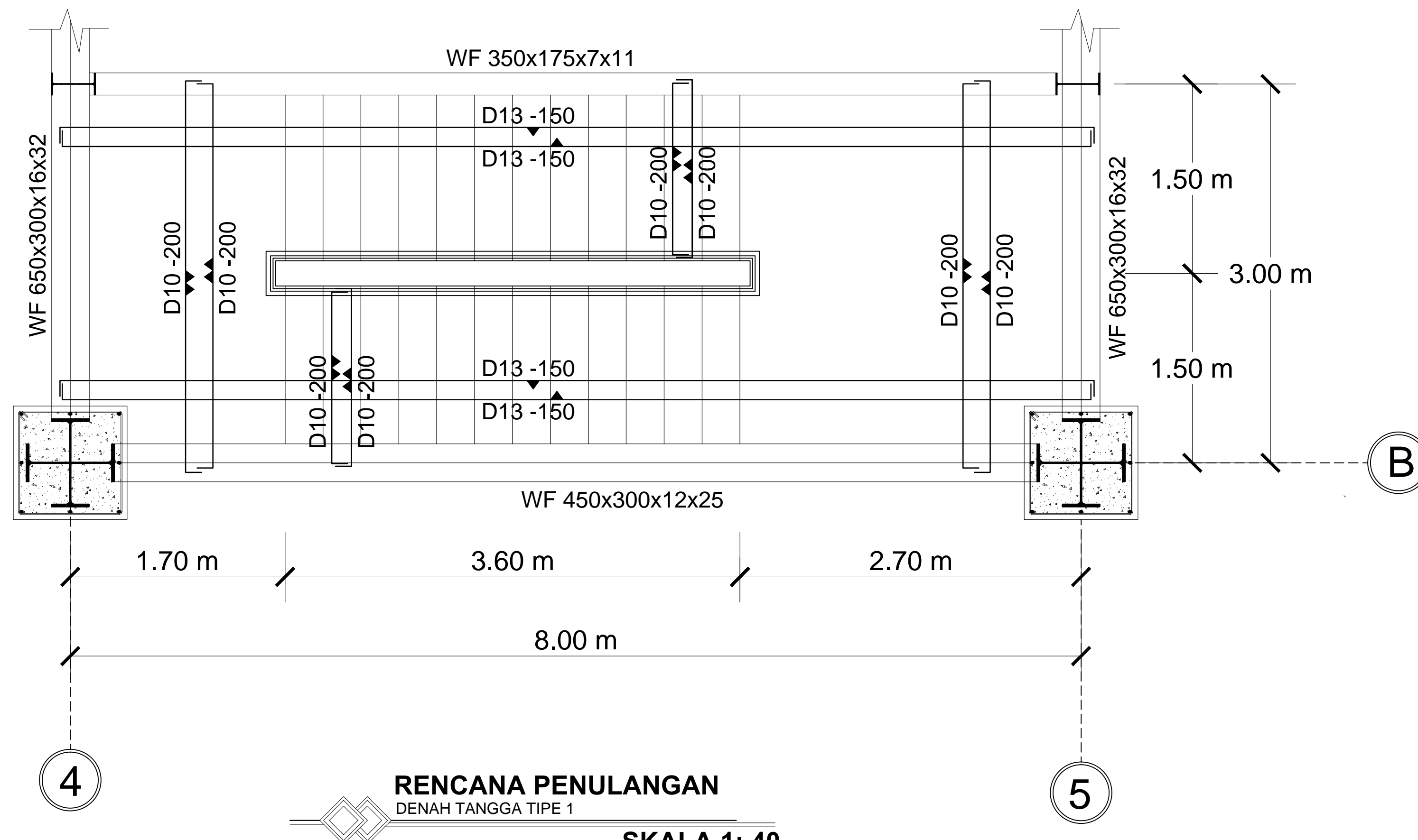
Suwarni  
NRP. 3113041099

Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

1 : 10

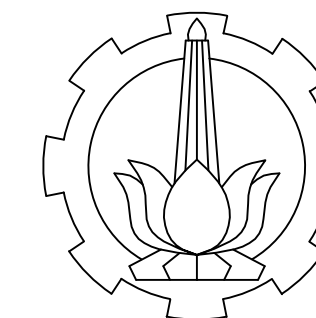
JUMLAH  
GAMBAR

86



## RENCANA PENULANGAN

**SKALA 1: 40**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

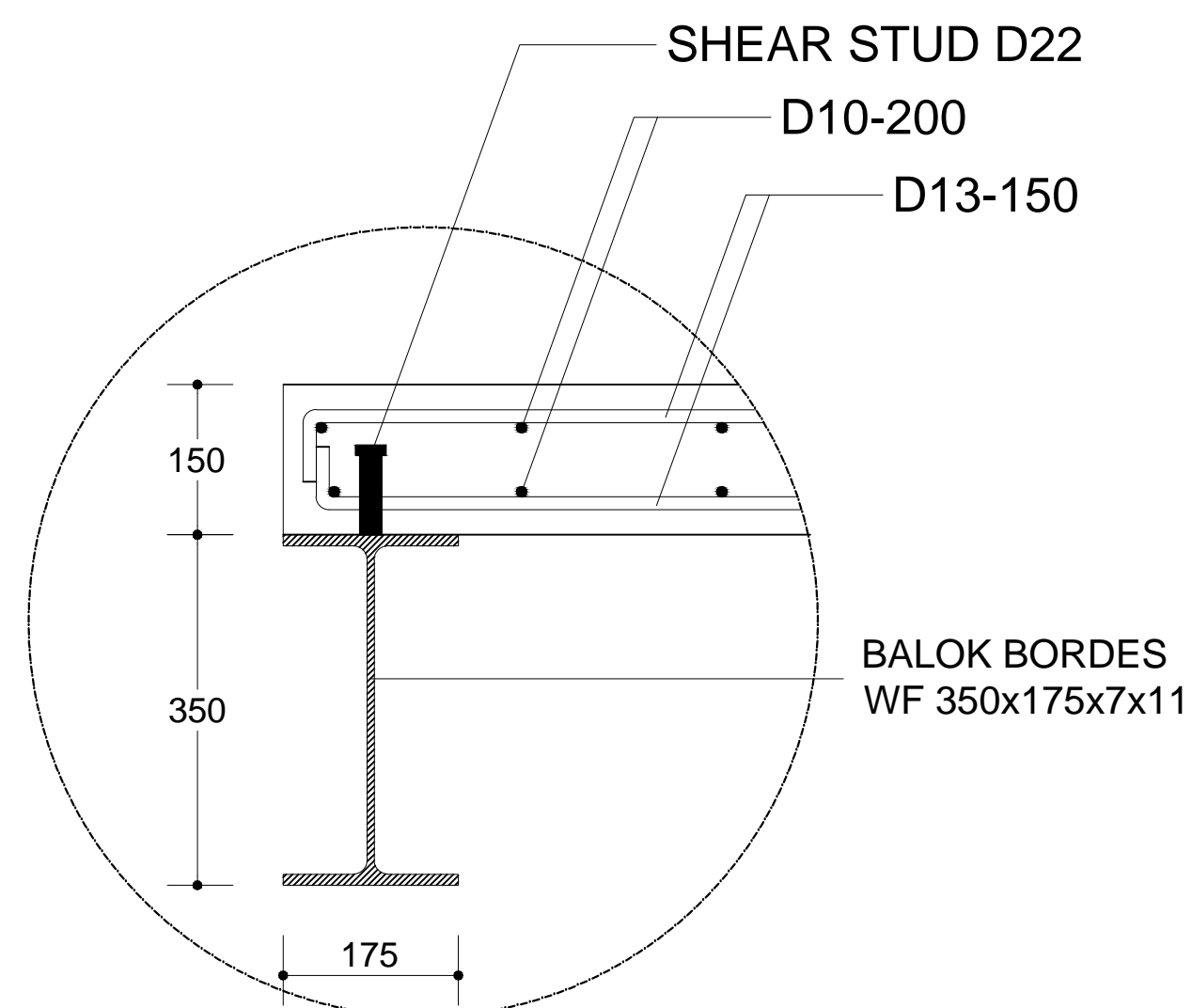
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

-Sambungan Balok - Kolom Tipe 1(H 450x300x12x25 & KC 588x300x12x20) -Potongan A-A Tipe 1 -Detail Jarak Baut Tipe 1	
--	--

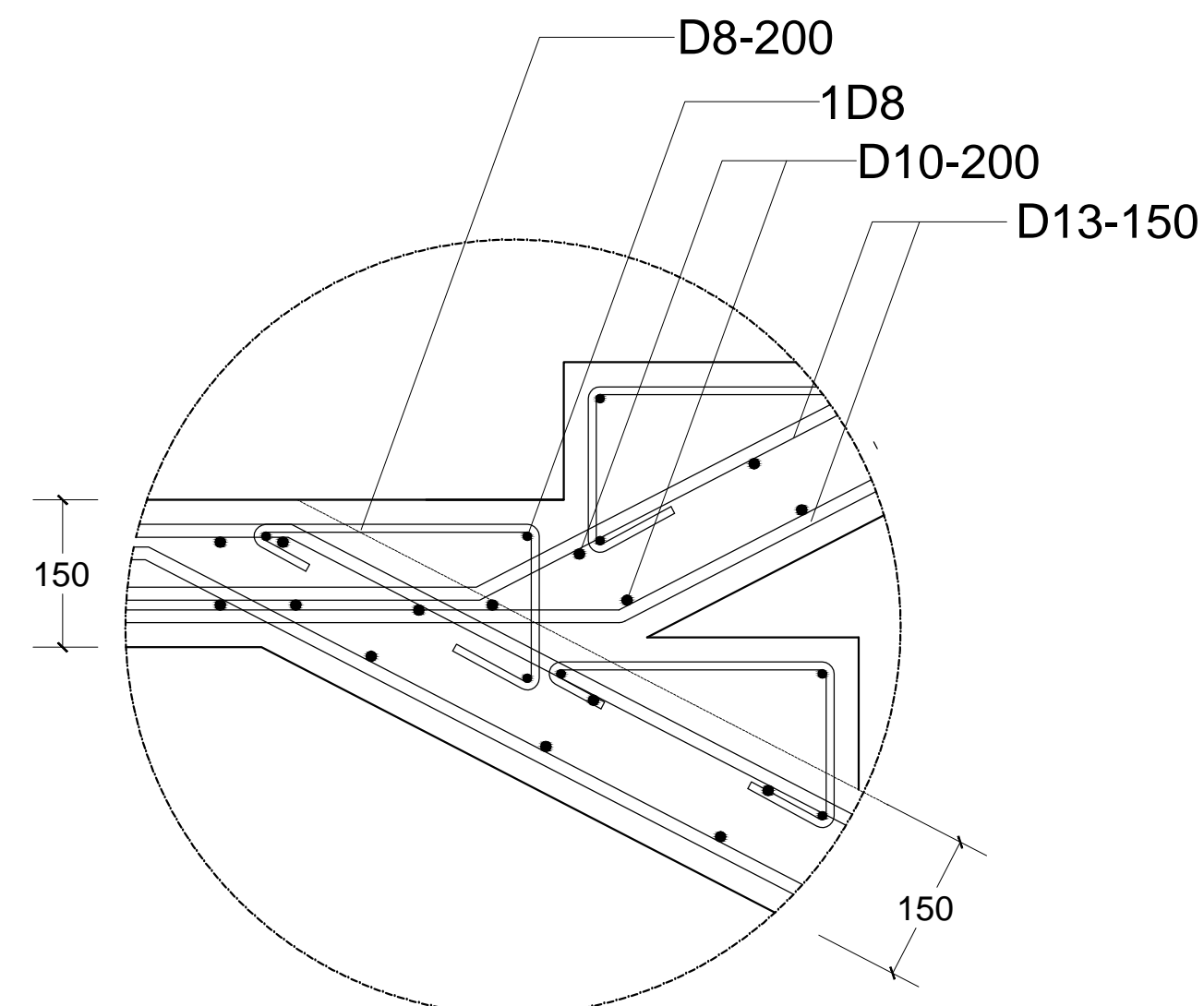
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	51	86
-----	----	----



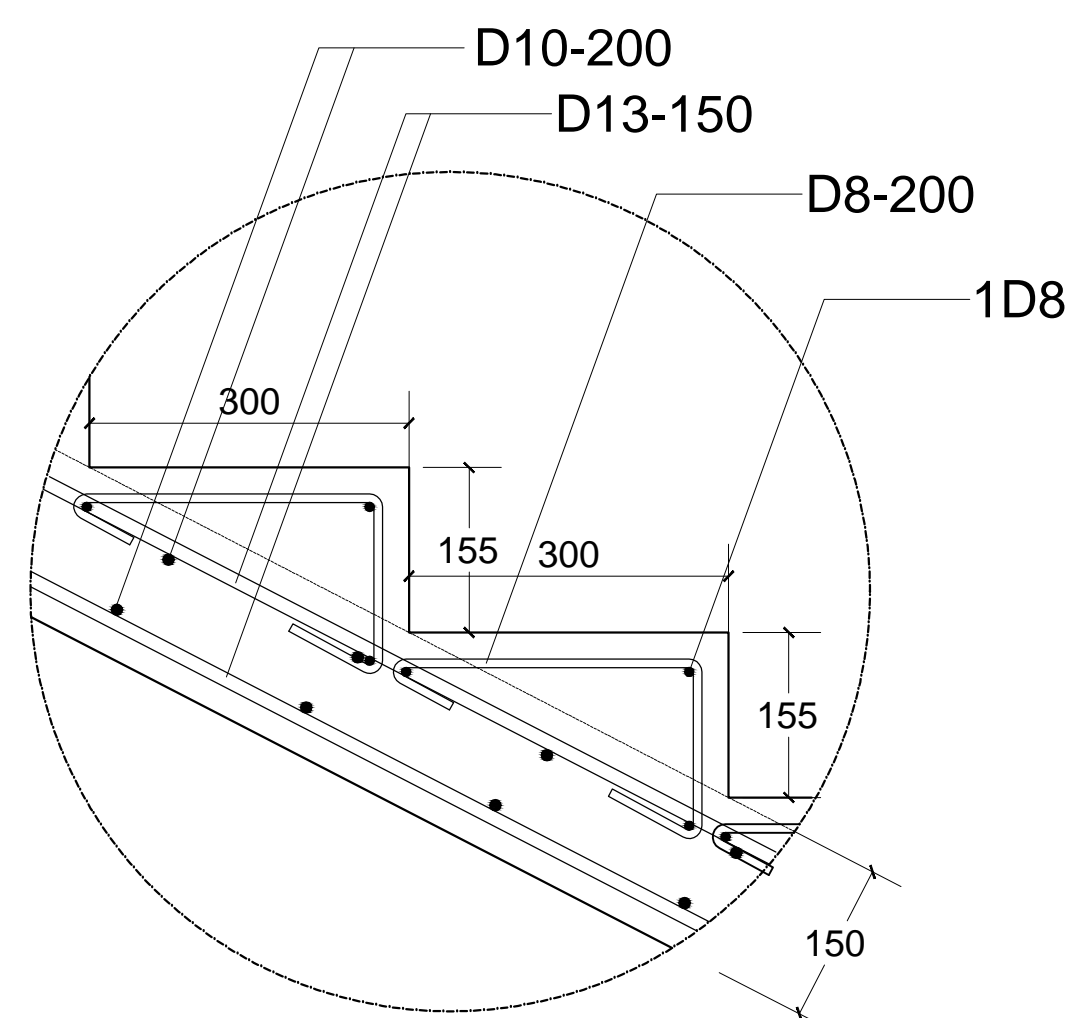
**DETAIL A**  
DENAH TANGGA TIPE 1

SKALA 1: 10



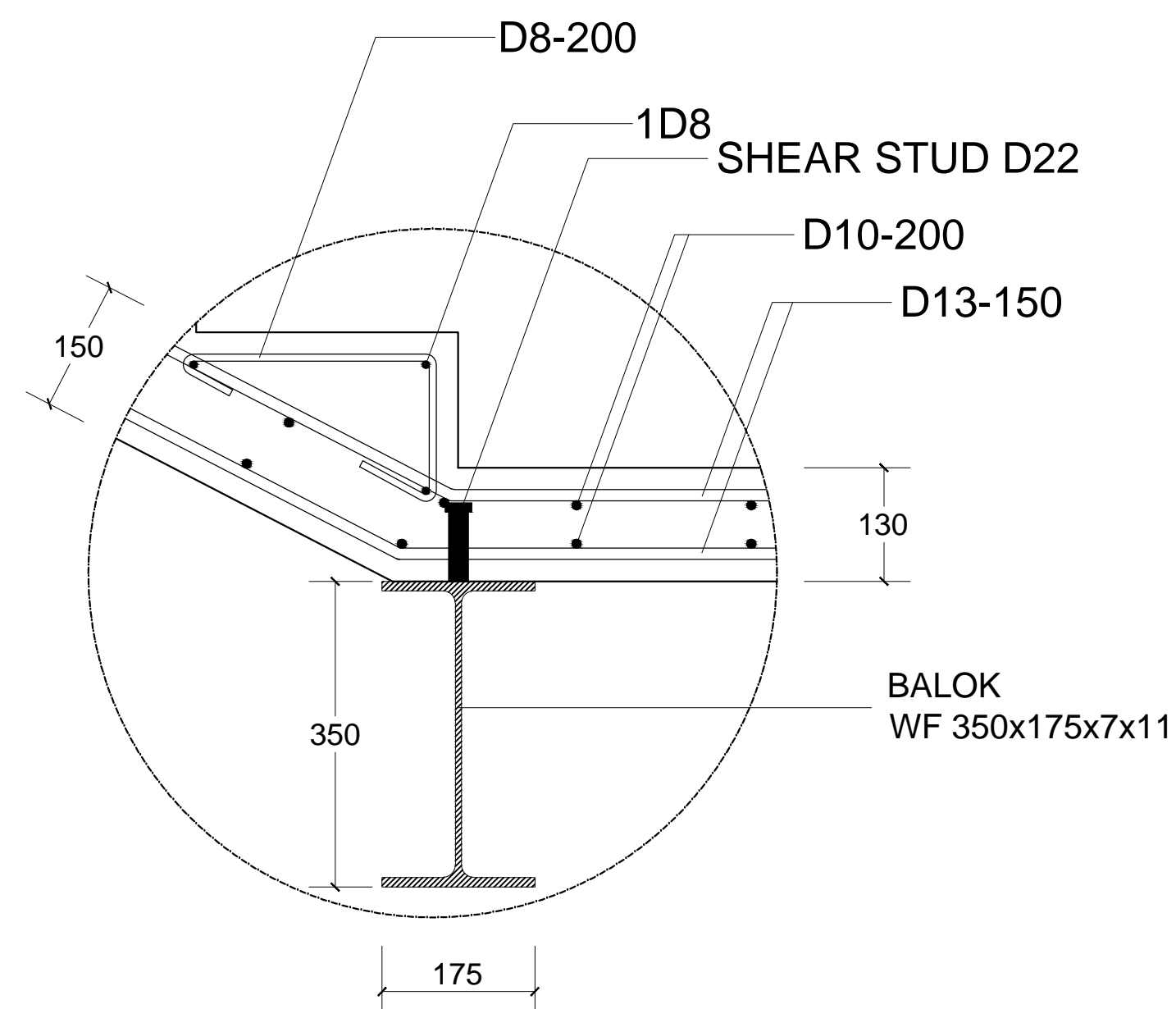
**DETAIL B**  
DENAH TANGGA TIPE 1

SKALA 1: 10



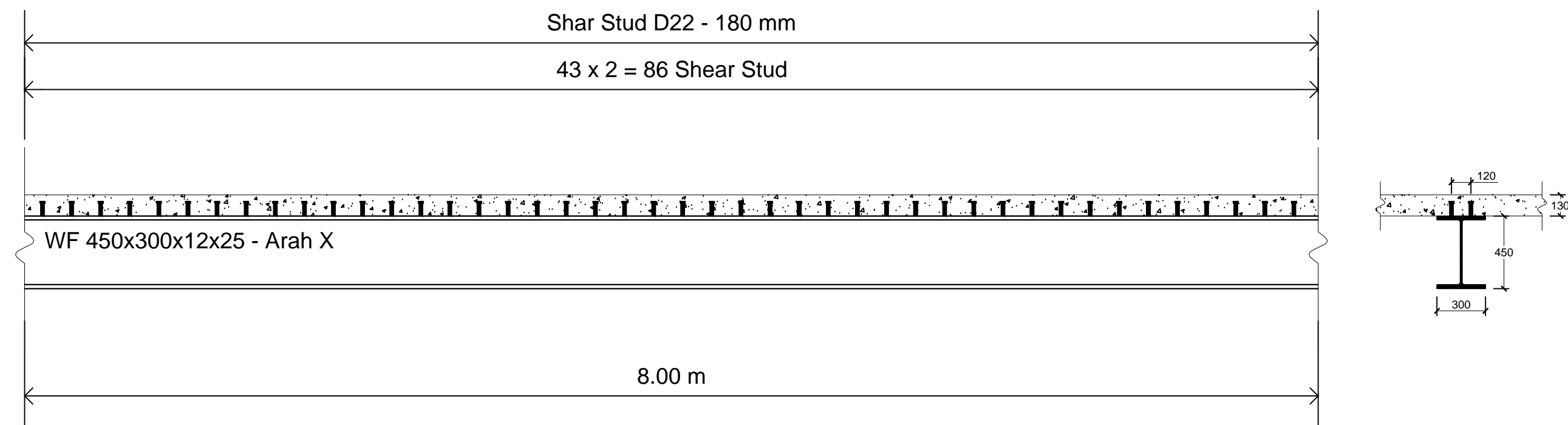
**DETAIL C**  
DENAH TANGGA TIPE 1

SKALA 1: 10



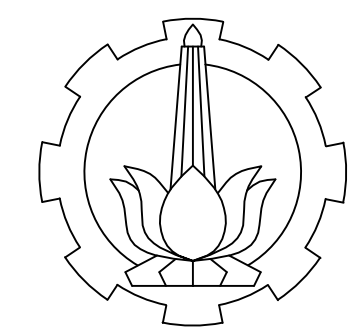
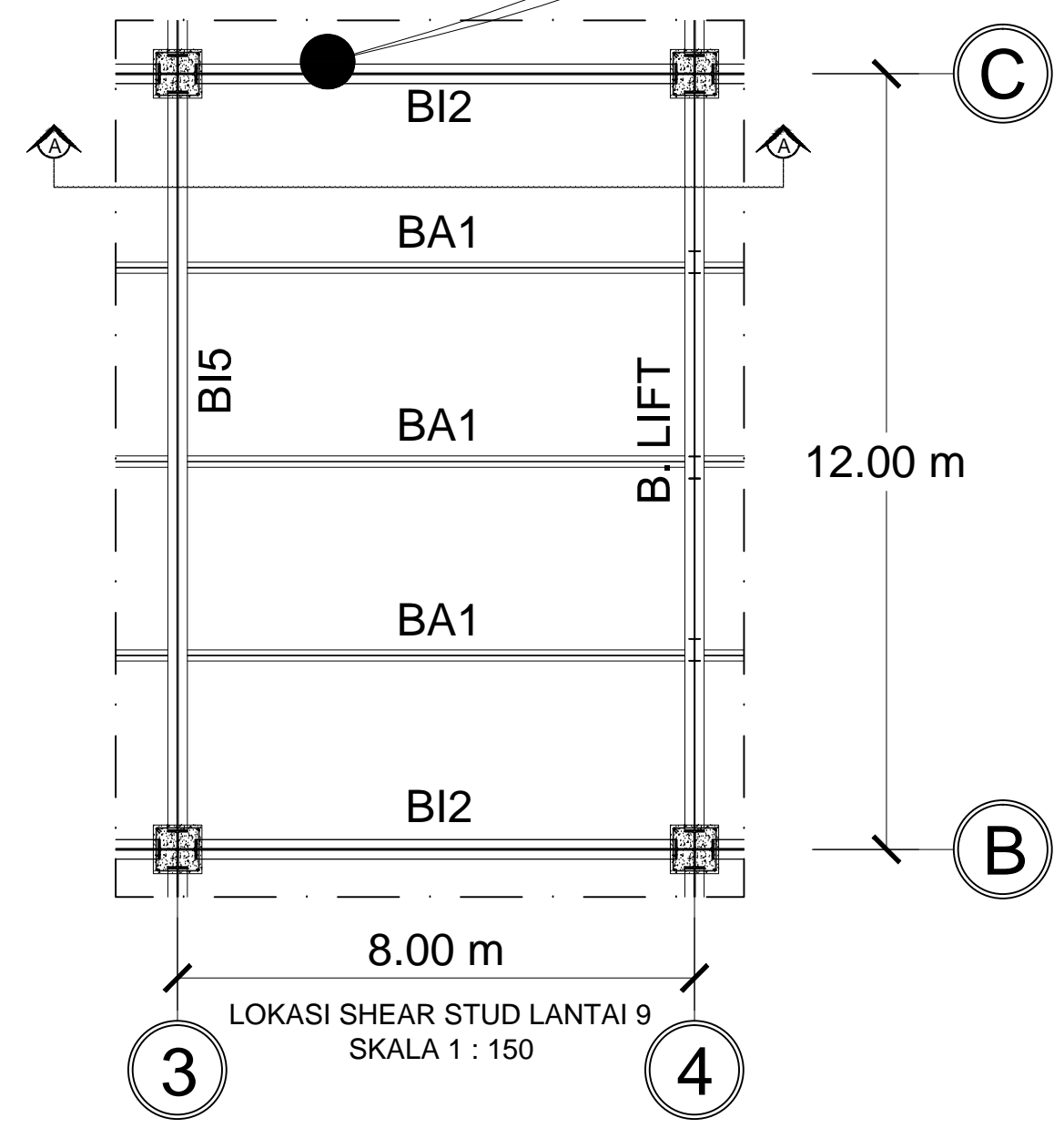
**DETAIL D**  
DENAH TANGGA TIPE 1

SKALA 1: 10



**SHEAR STUD HY 450x300x12x25**  
**ARAH X**  
**POTONGAN A-A**  
**SKALA 1: 40**

**SHEAR STUD YANG DITINJAU**  
**LT. 9 (+32.50)**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

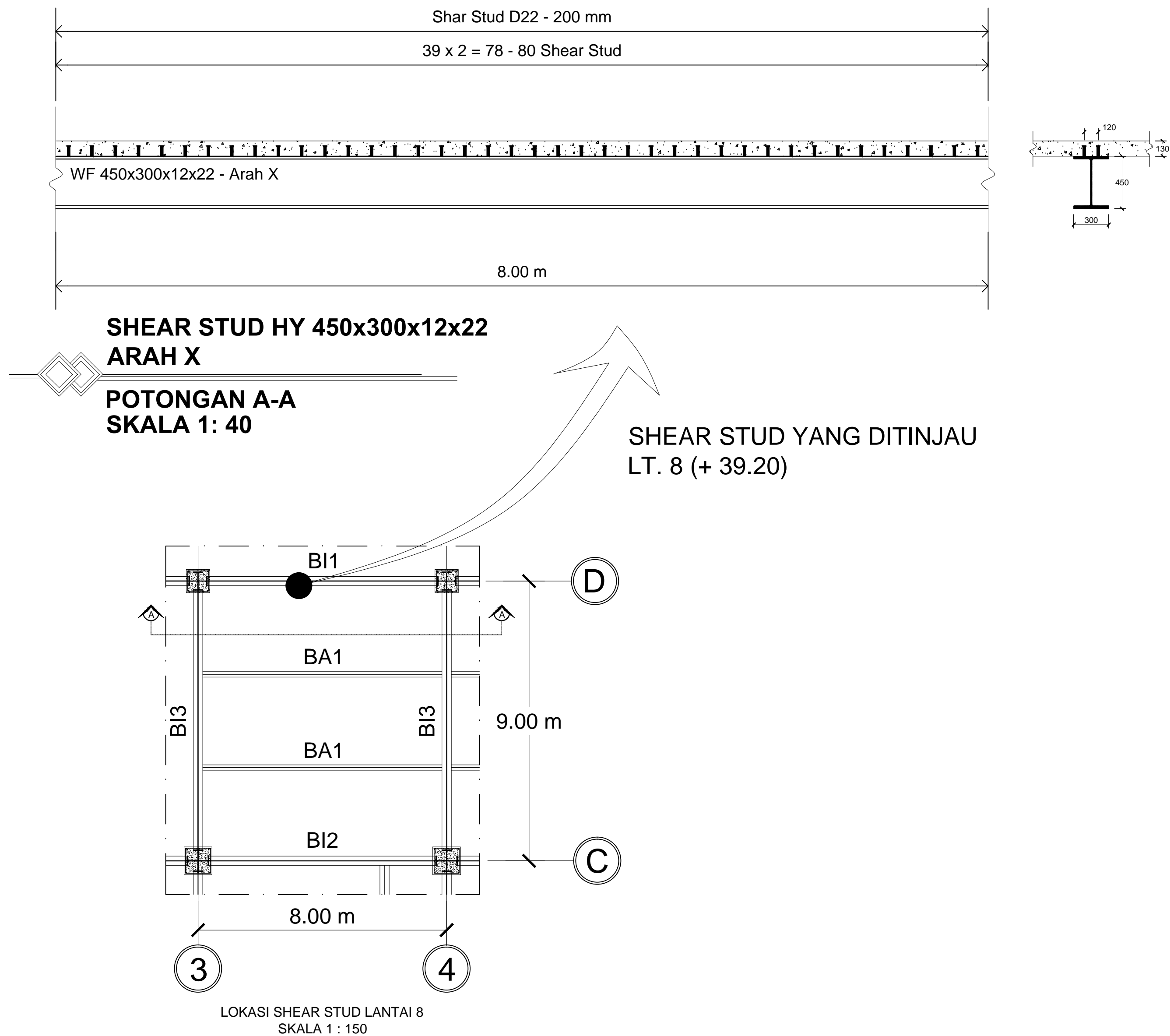
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Shear Stud HY  
450x300x12x25 Arah X 1 : 40

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	52	86
-----	----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

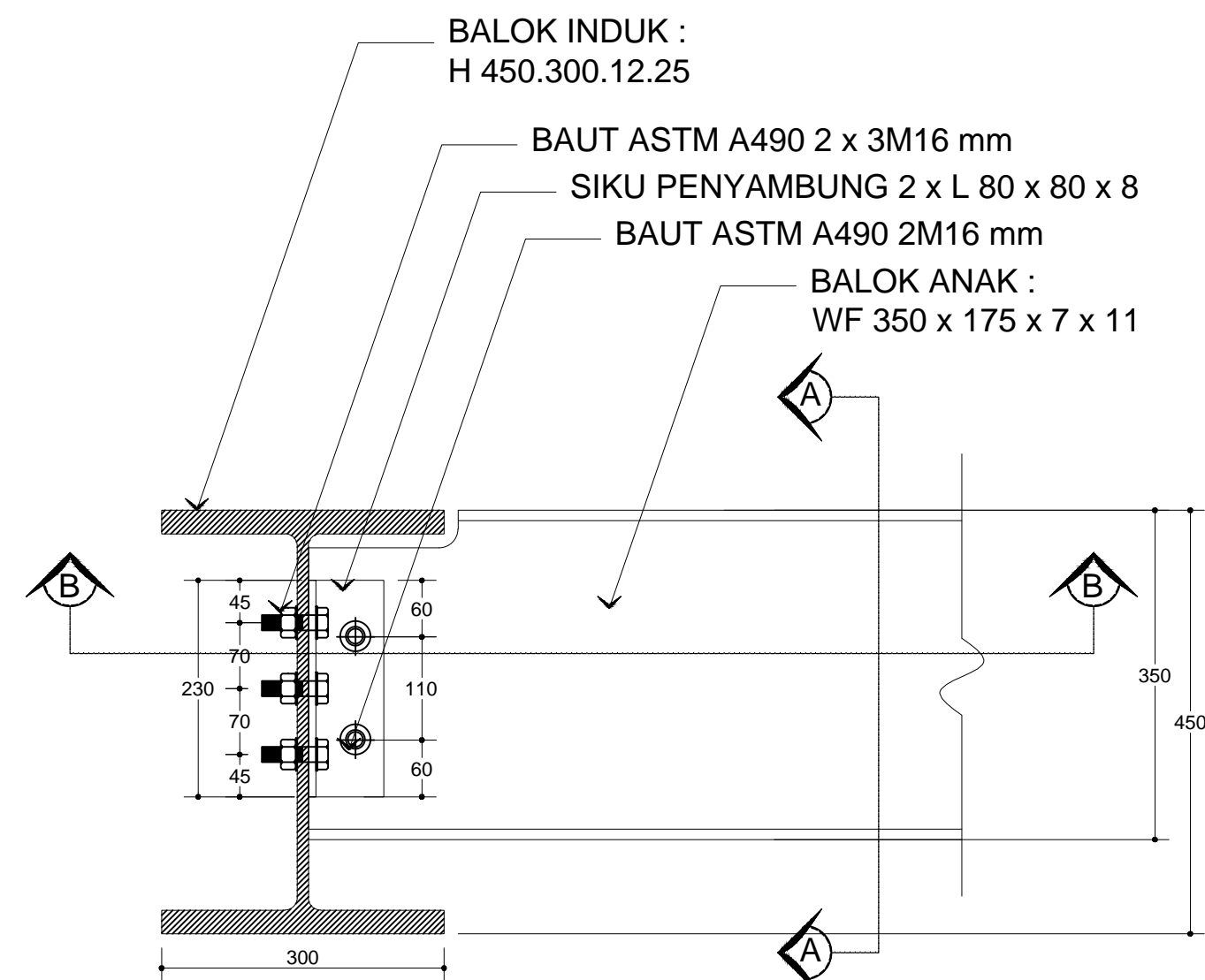
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Shear Stud HY 450x300x12x22 Arah X	1 : 40

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

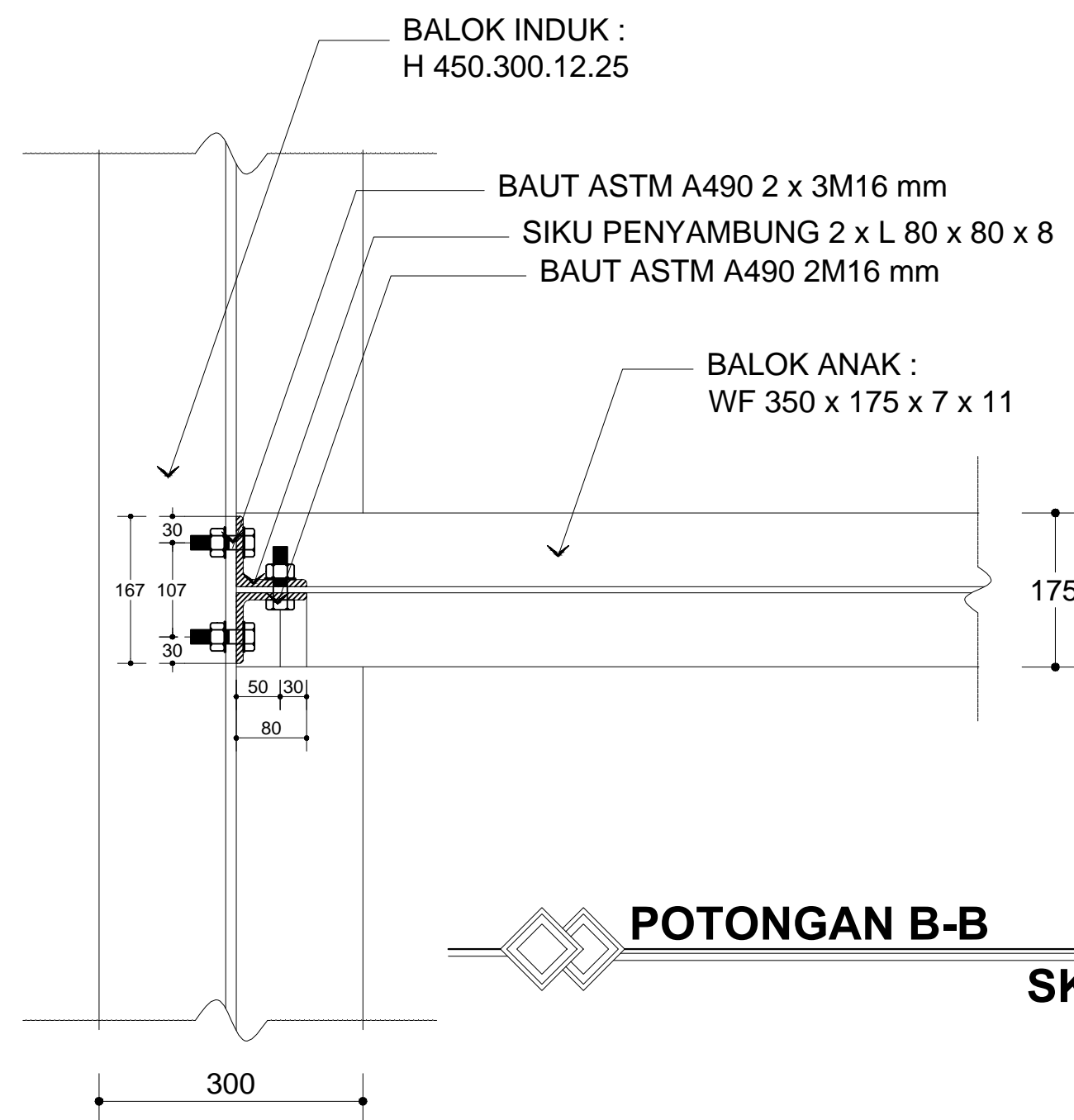
STR	53	86
-----	----	----





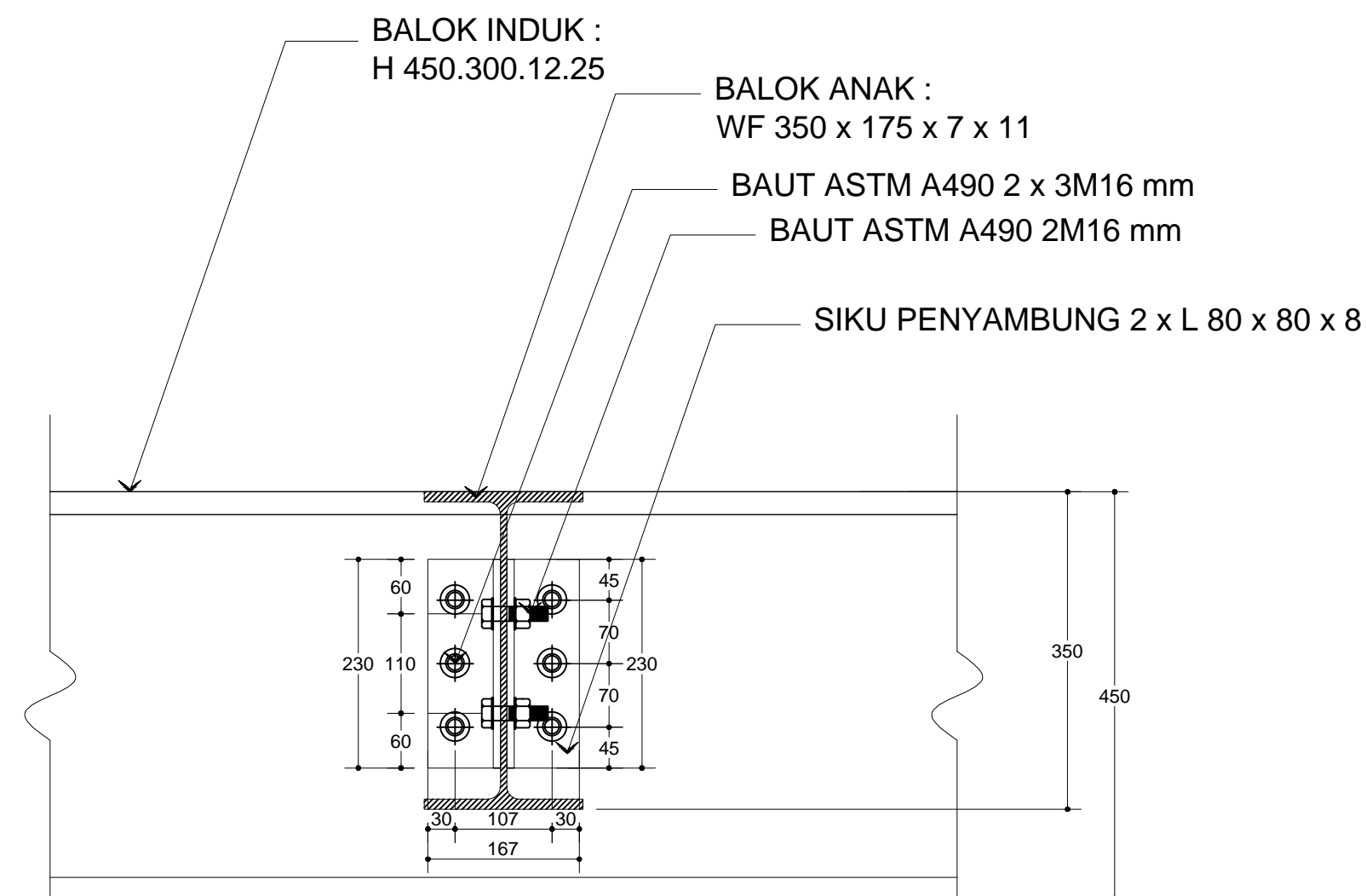
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 1**

**SKALA 1:10**



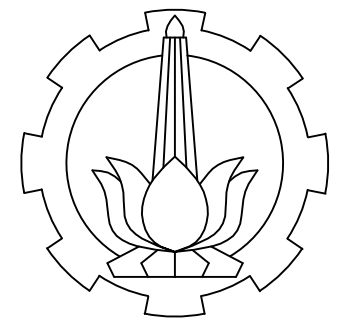
**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

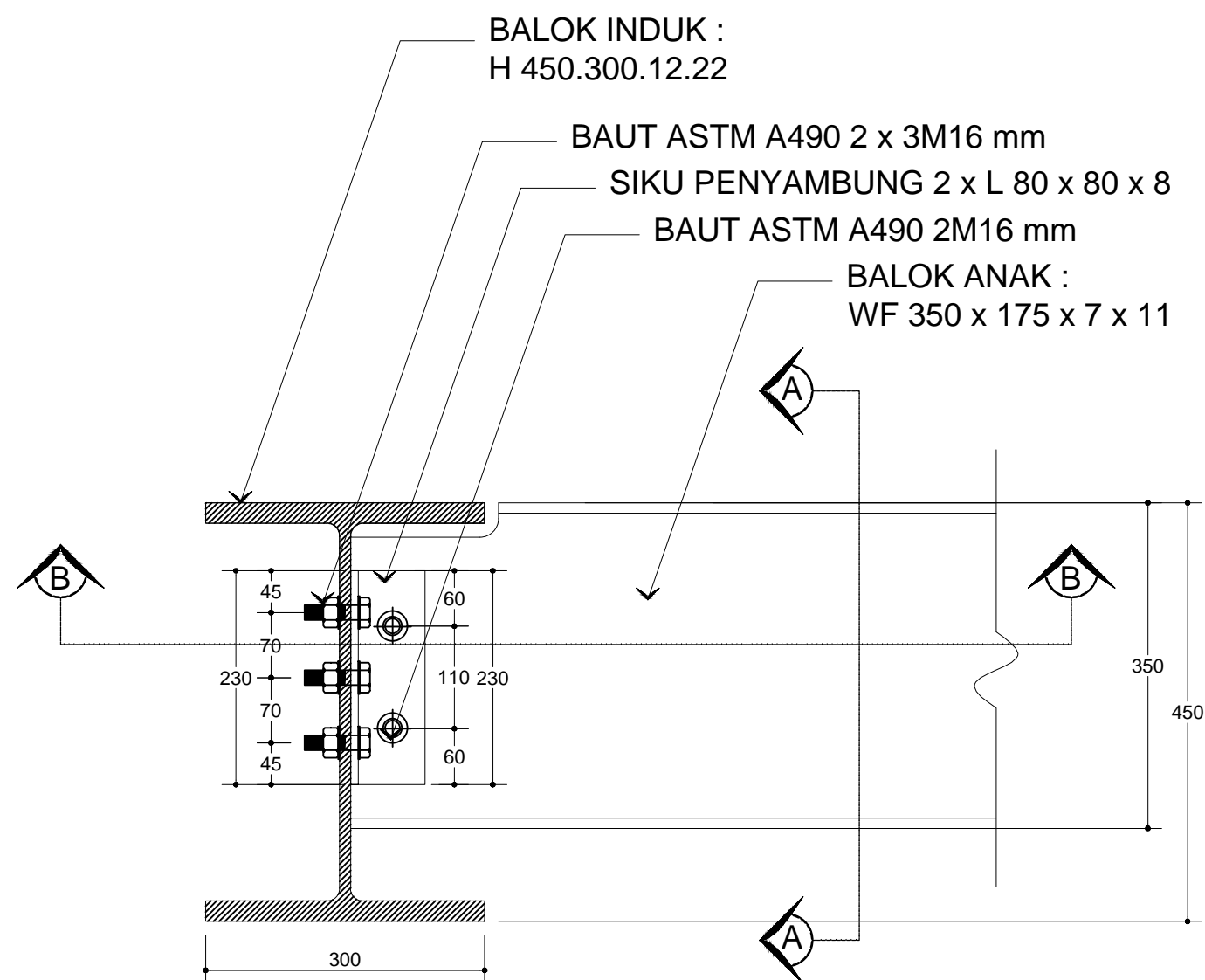
DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

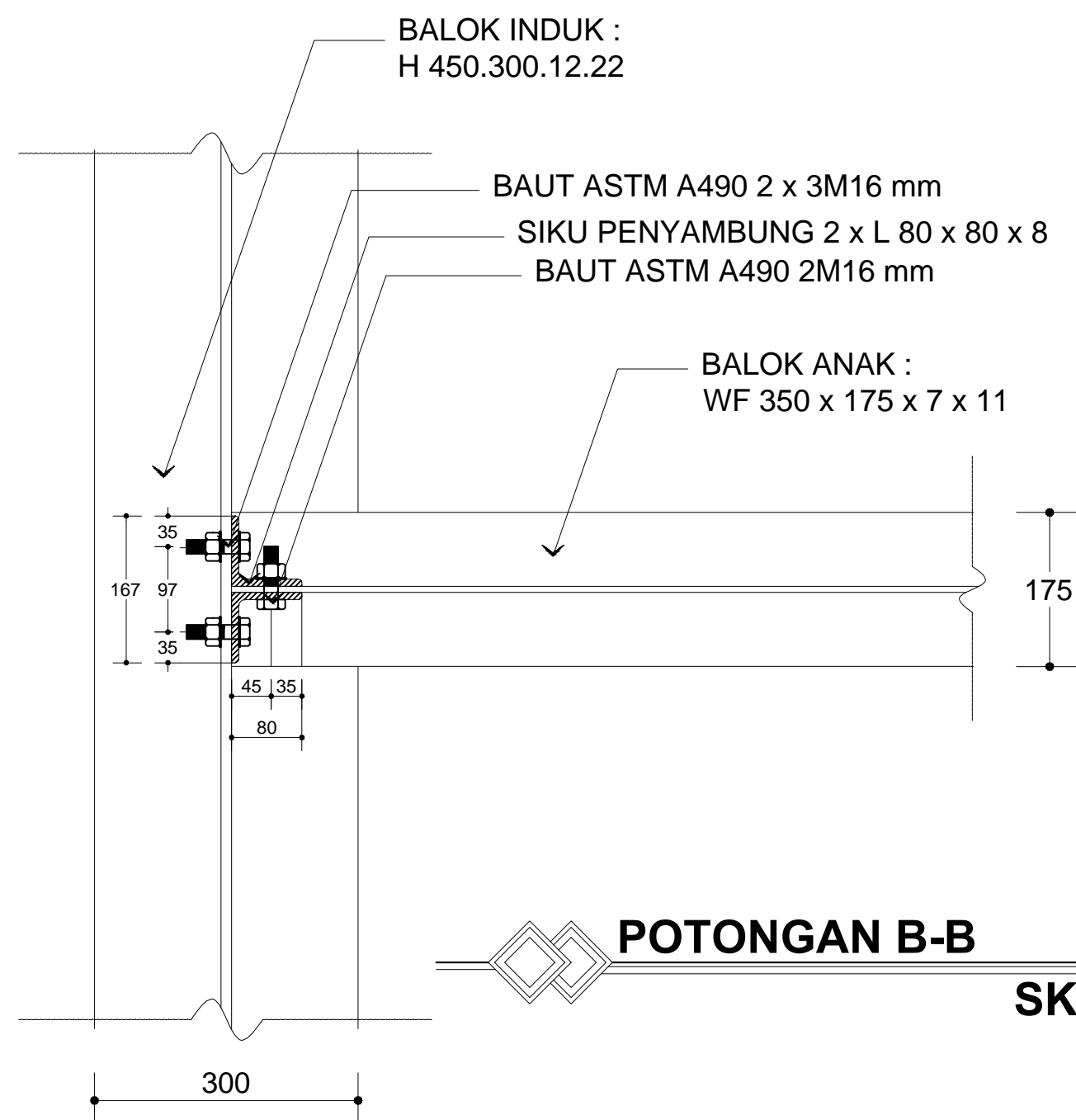
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR		SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 1(H 450x300x12x25 & WF 350x175x7x11)		1 : 10
-Potongan A-A Tipe 1		1 : 10
-Potongan B-B Tipe 1		1 : 10
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>54</b>	<b>86</b>



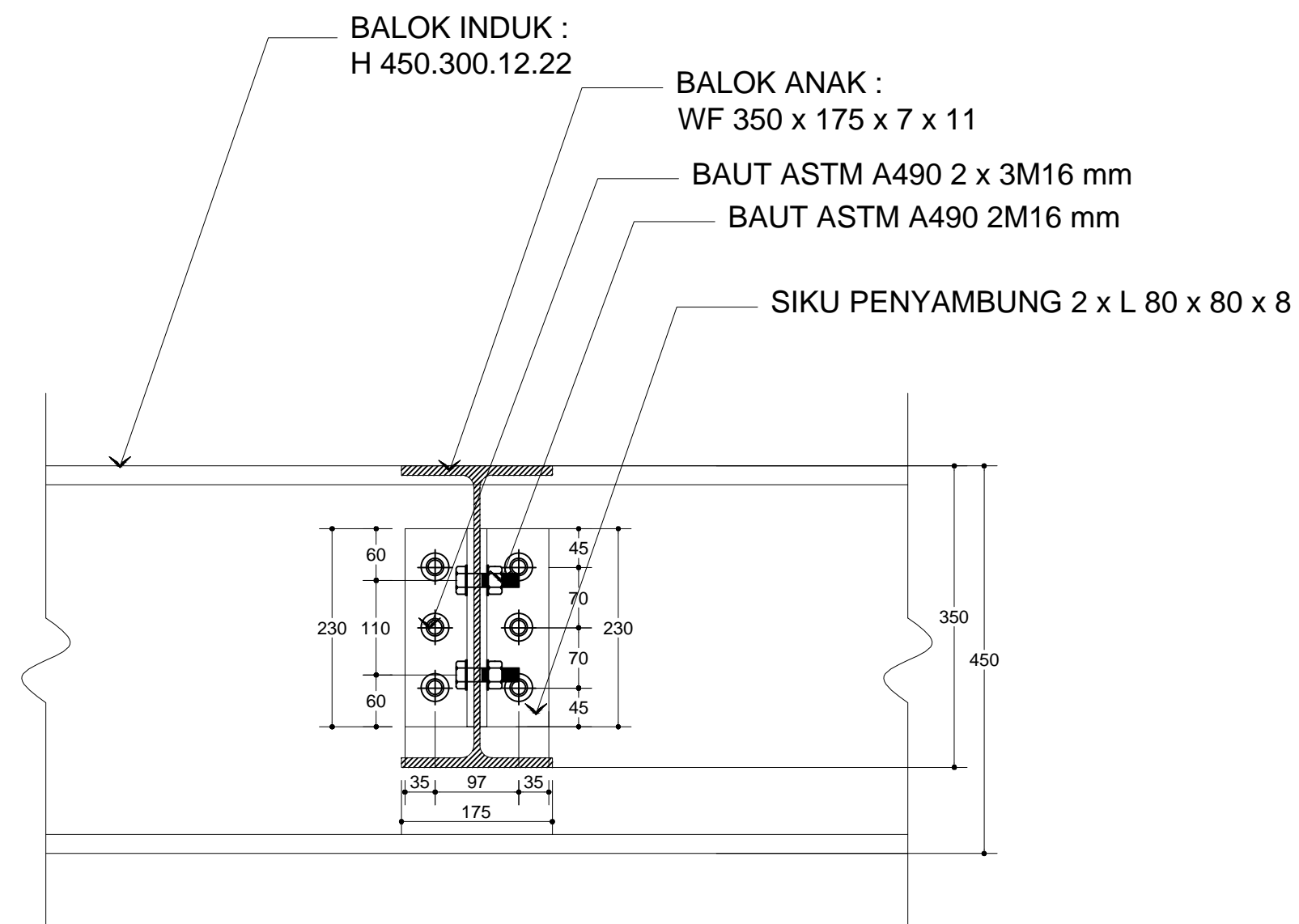
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 2**

**SKALA 1:10**



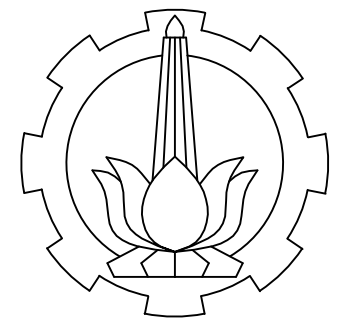
**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

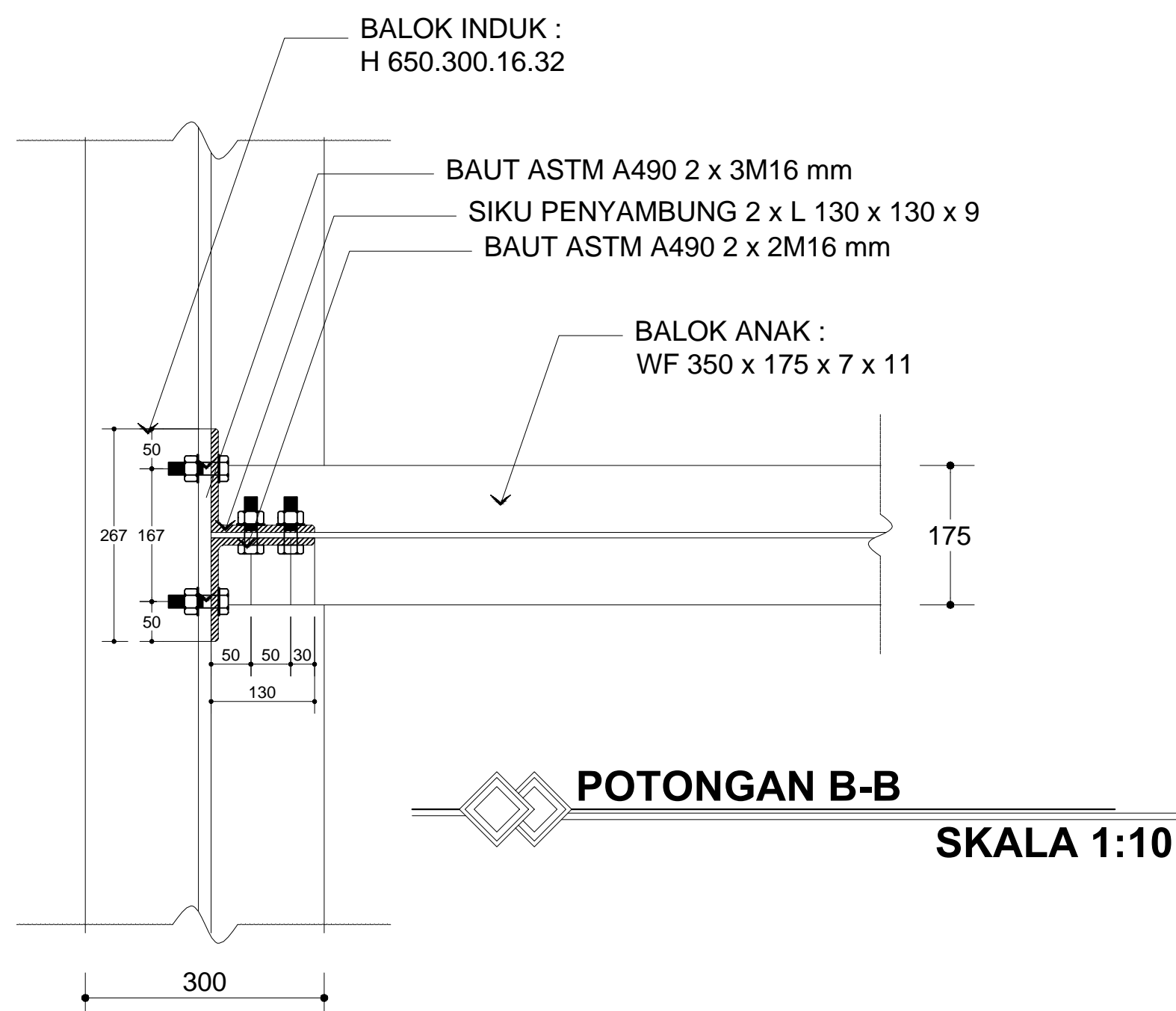
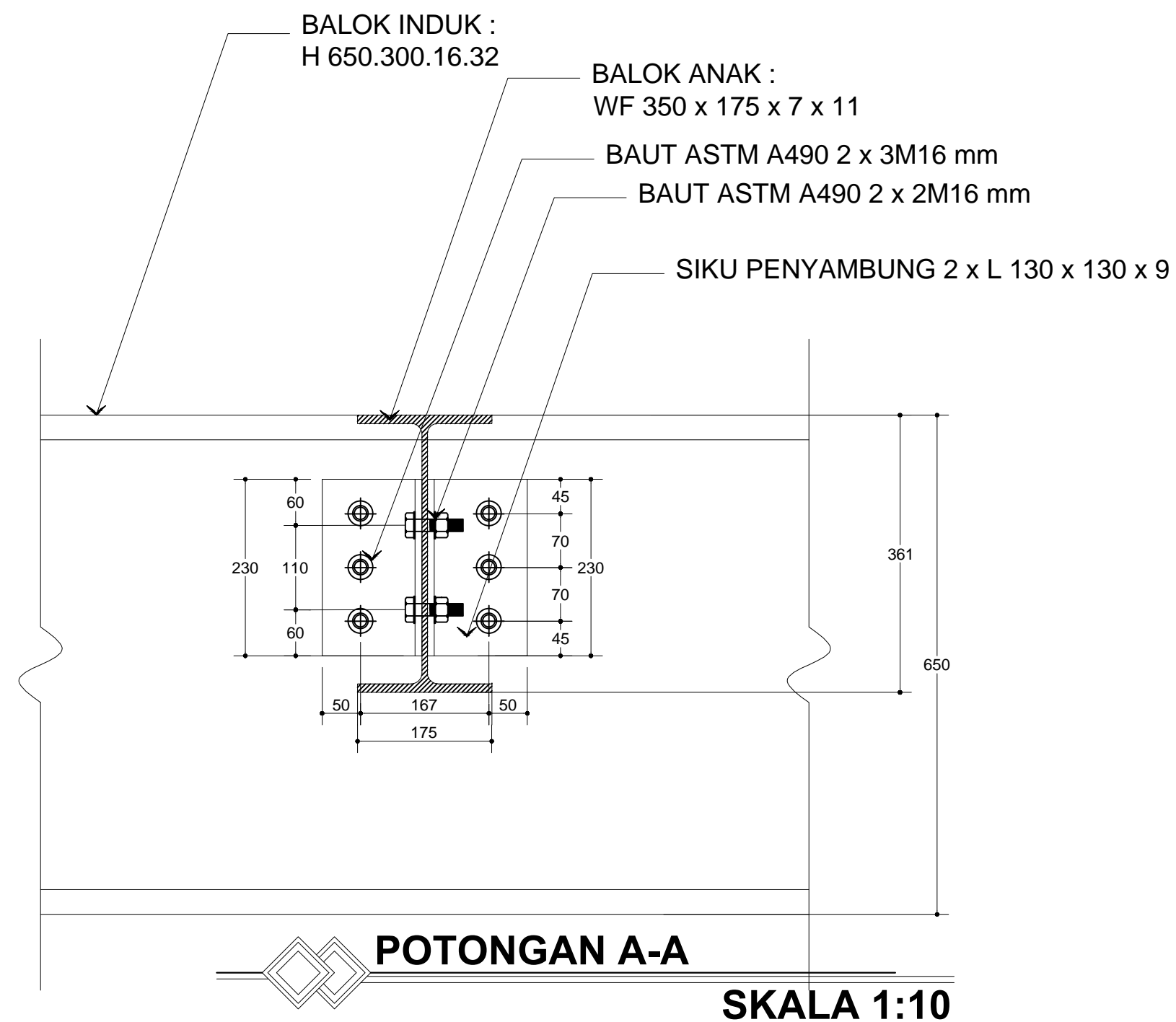
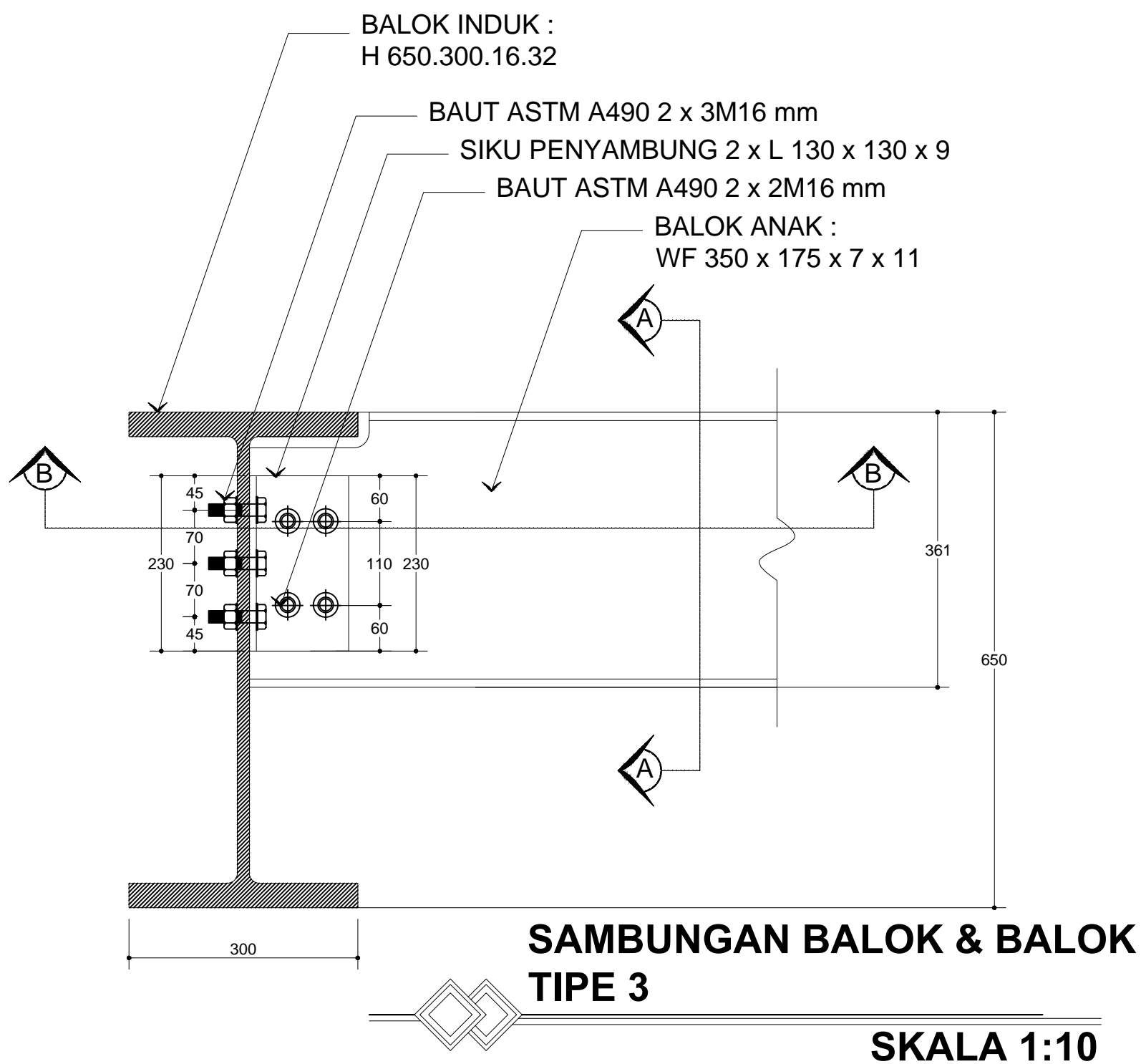
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 2(H 450x300x12x22& WF 350x175x7x11)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 2	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 2	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>55</b>	<b>86</b>



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

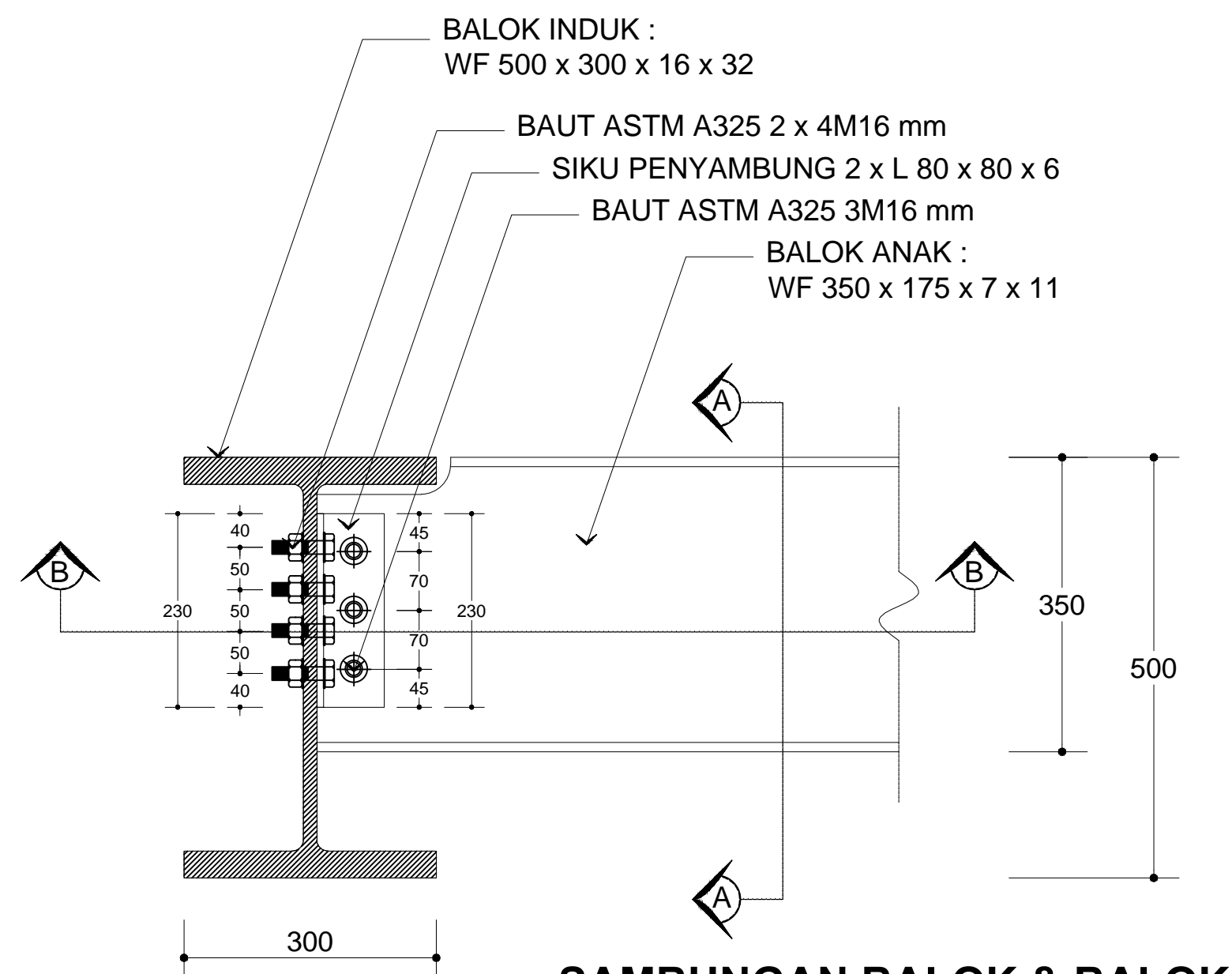
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

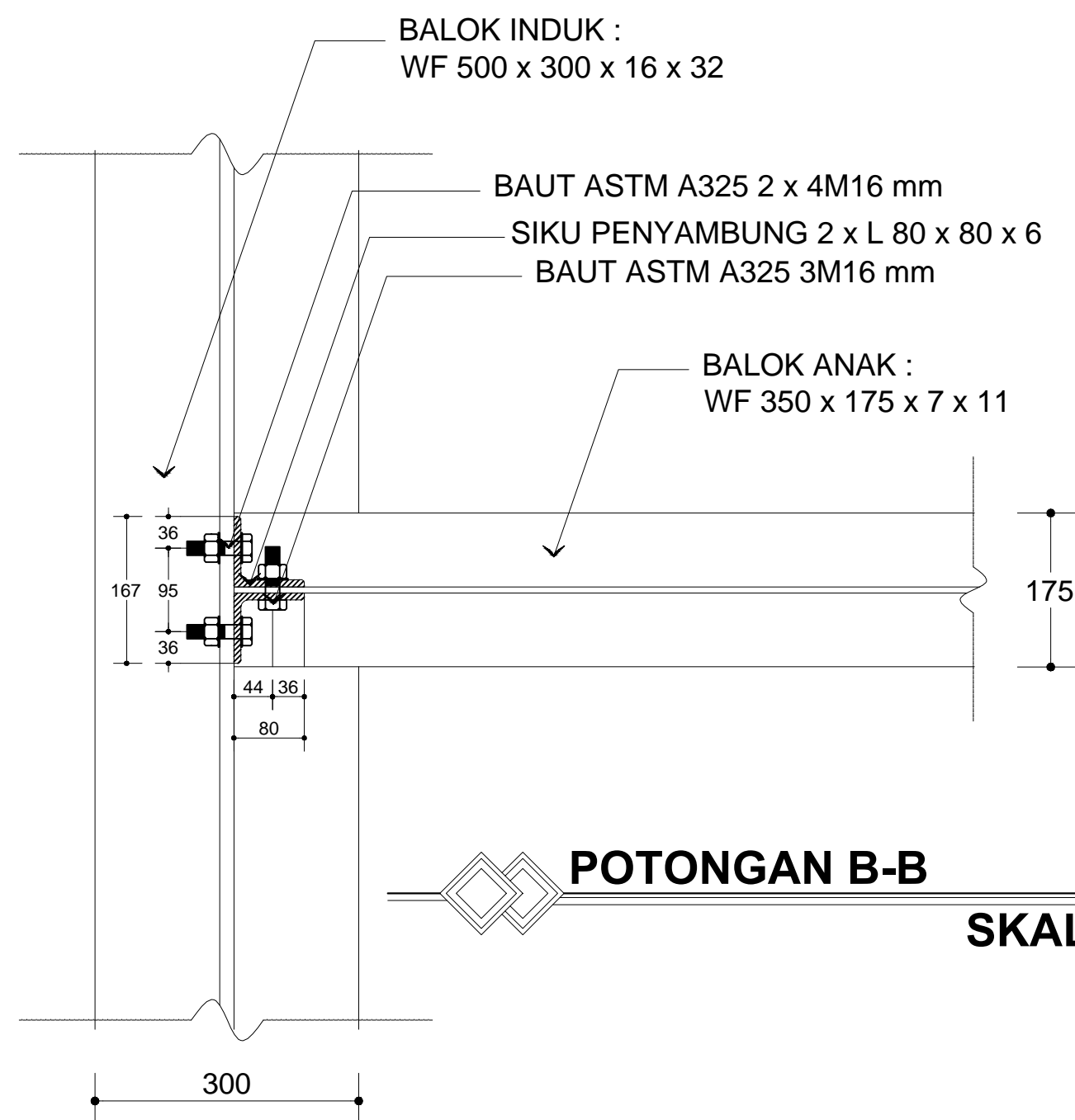
NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 3 (H 650x300x16x32& WF 350x175x7x11)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 3	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 3	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>56</b>	<b>86</b>



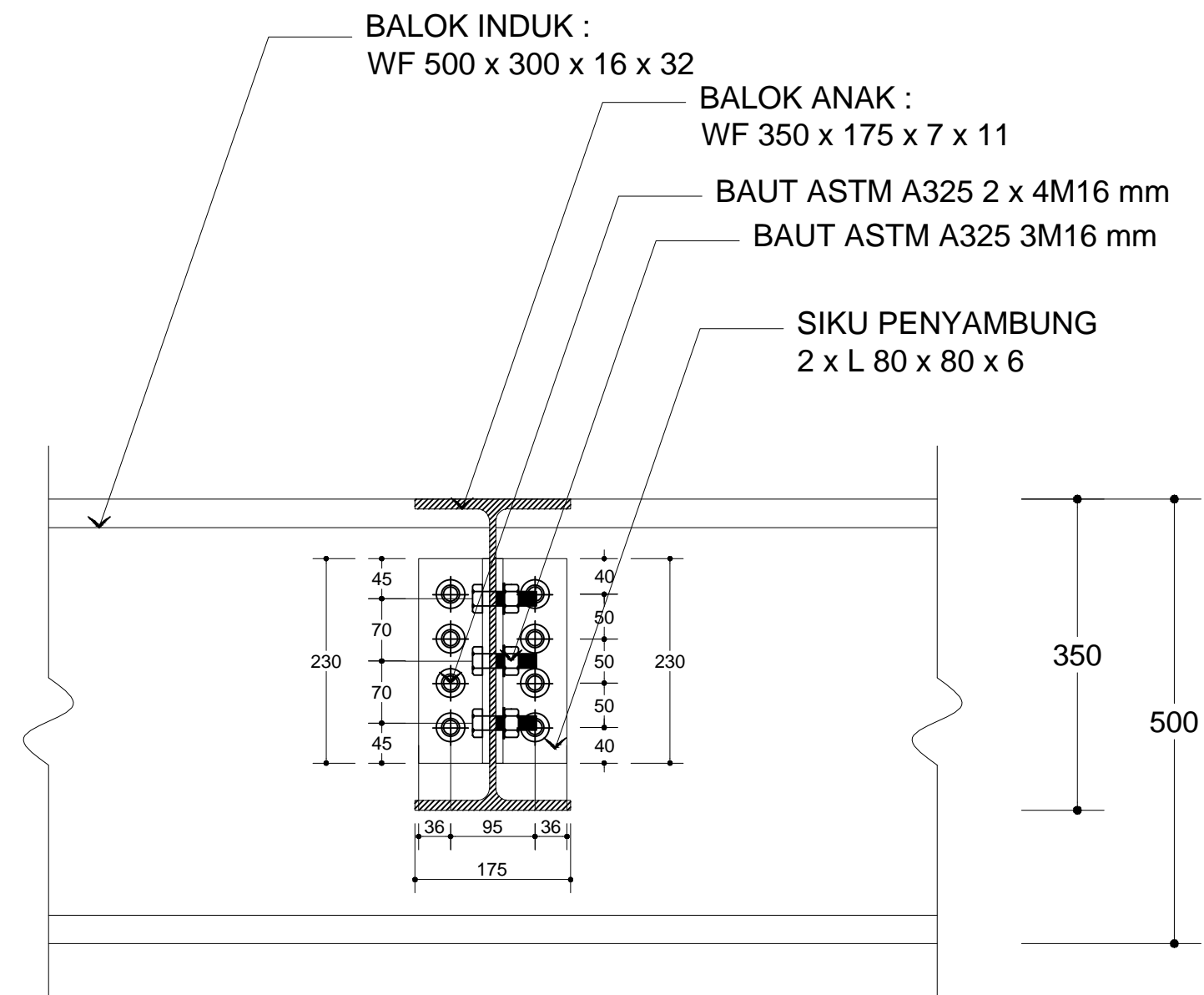
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 4**

**SKALA 1:10**



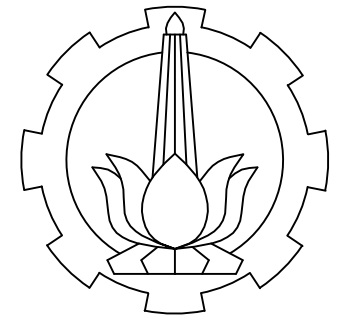
**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

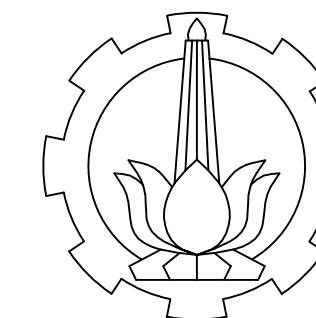
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 4 (H 500x300x16x32 & WF 350x175x7x11)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 4	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 4	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>57</b>	<b>86</b>



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

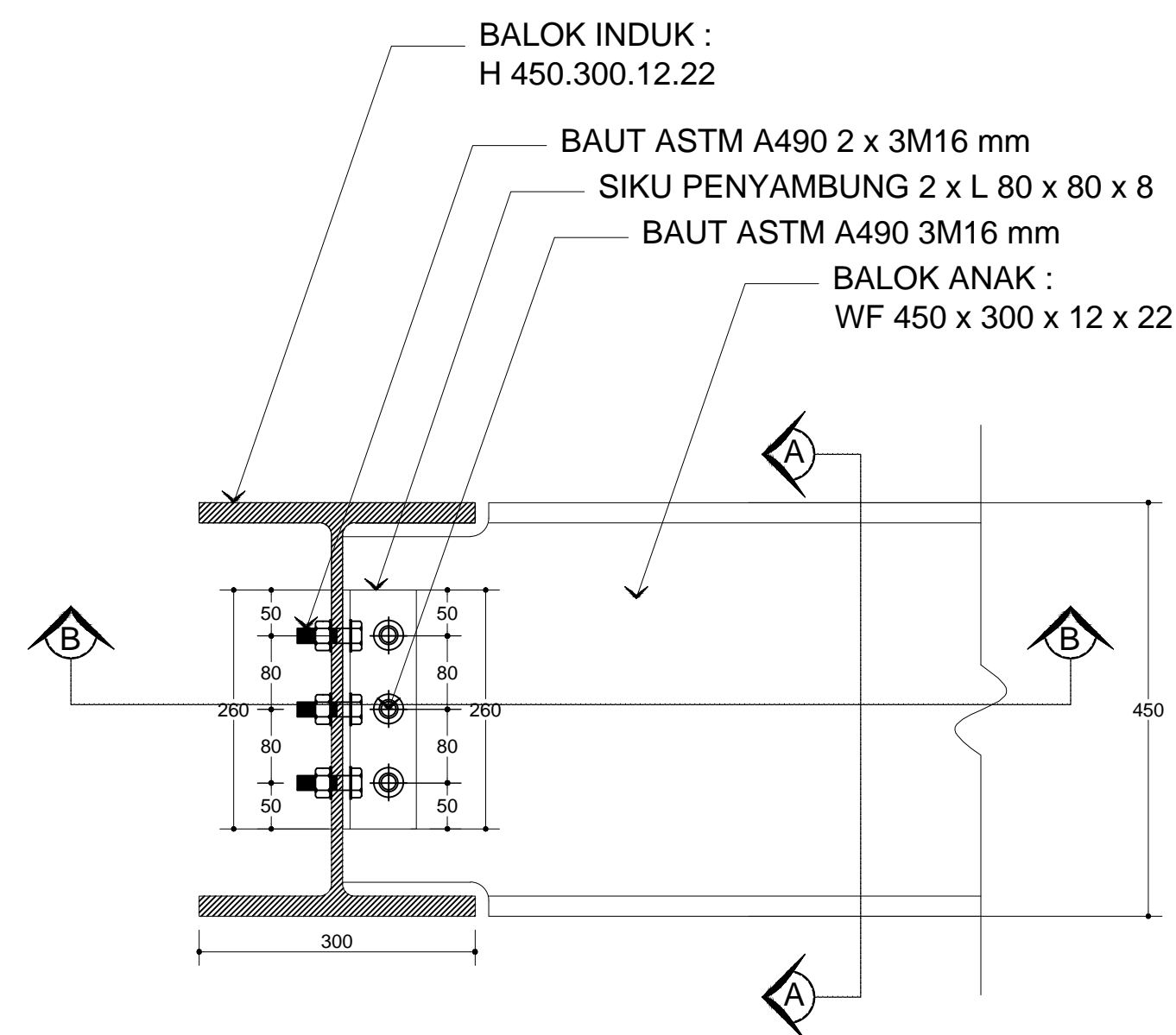
KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 5(H 450x300x12x22 & H 450x300x12x22)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 5	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 5	1 : 10

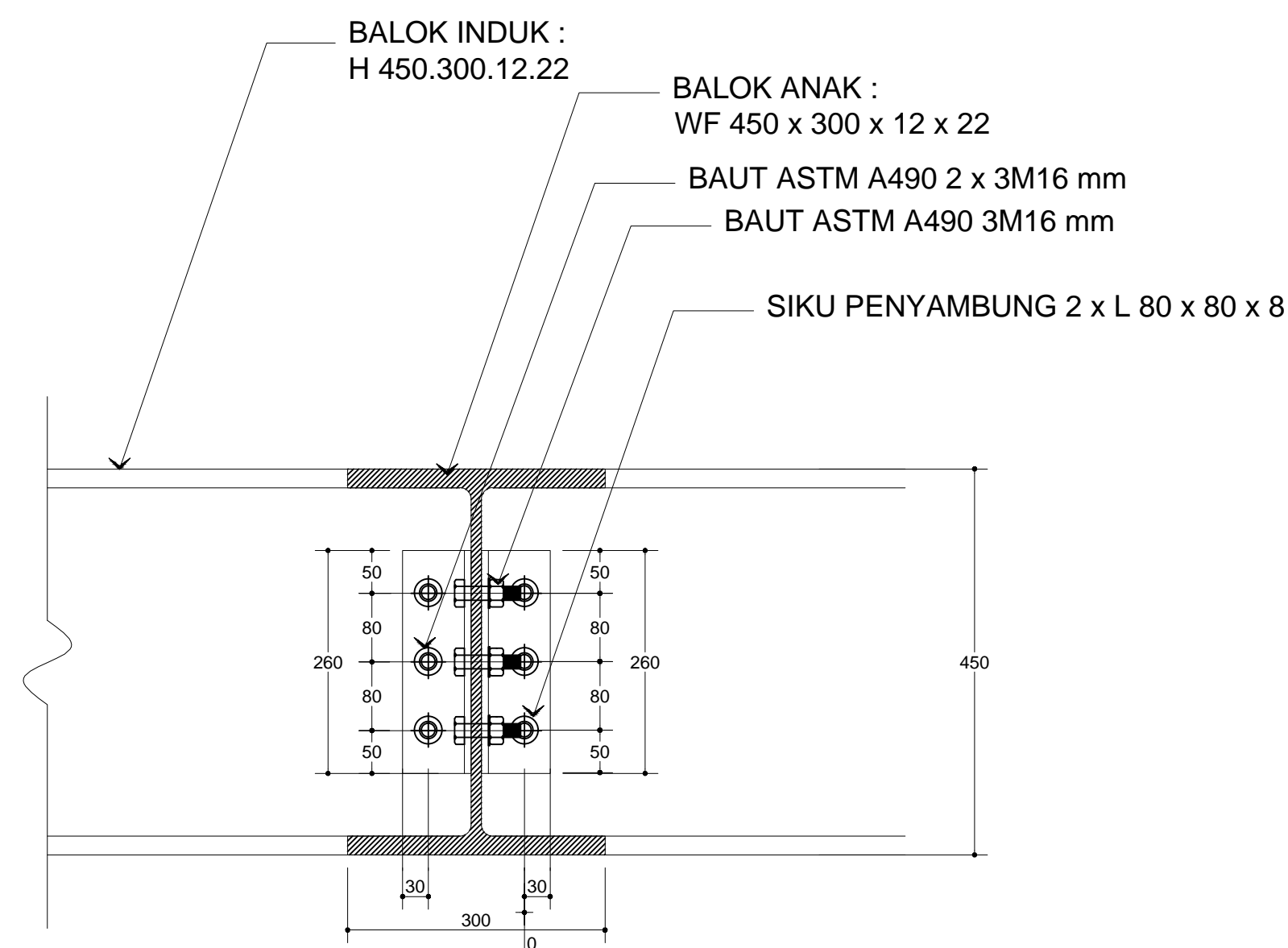
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

**STR 58 86**



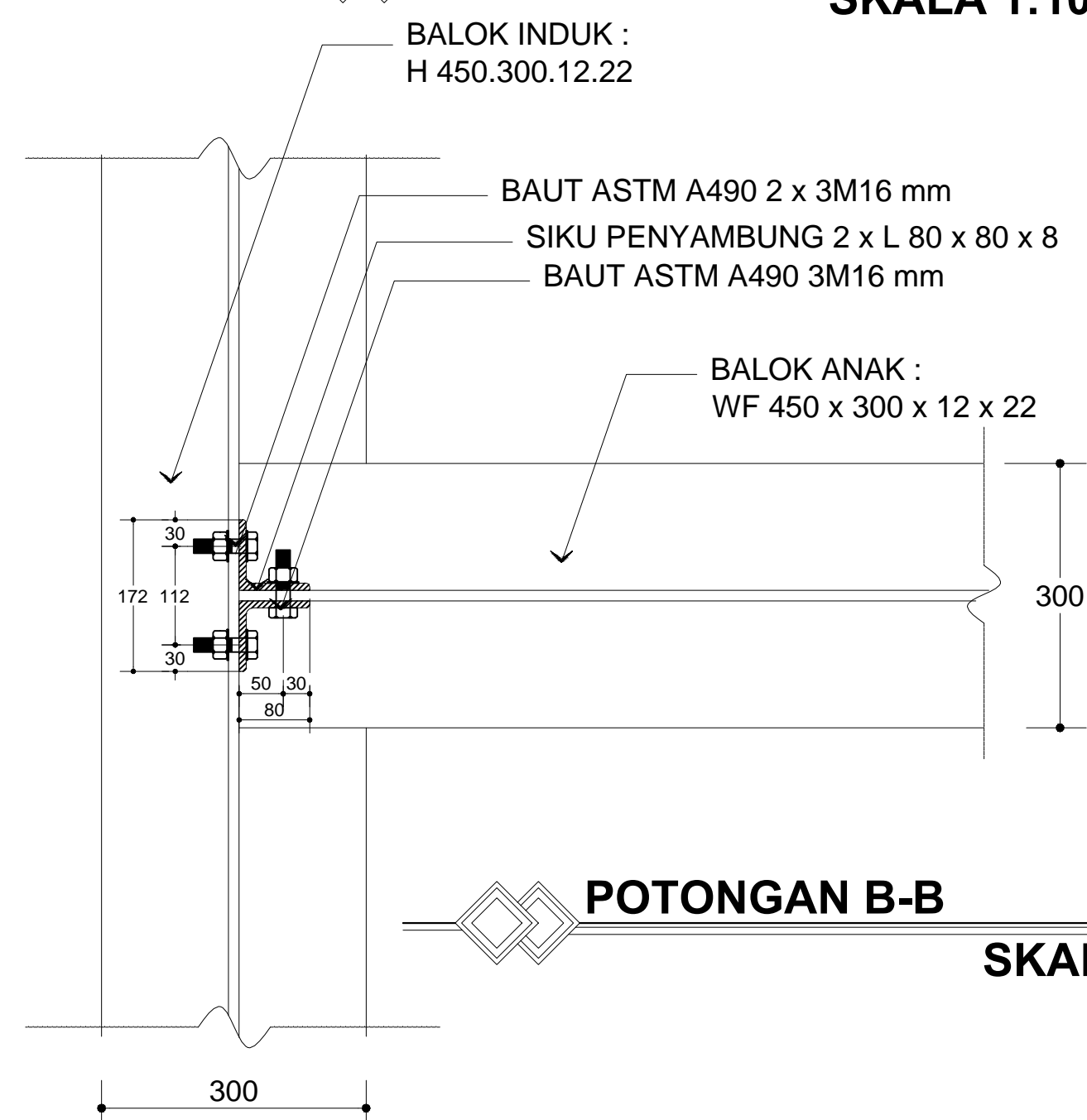
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 5**

**SKALA 1:10**



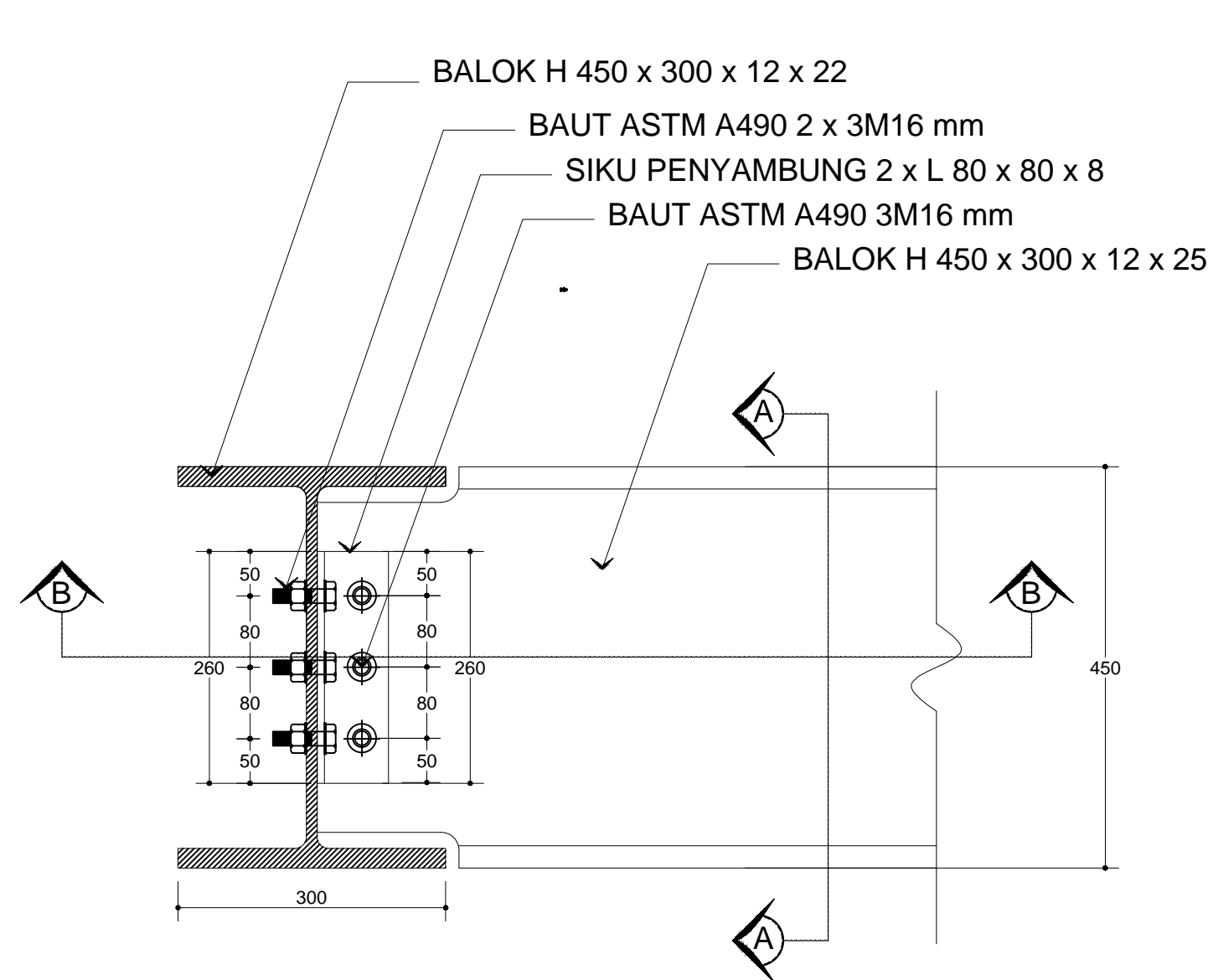
**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN B-B**

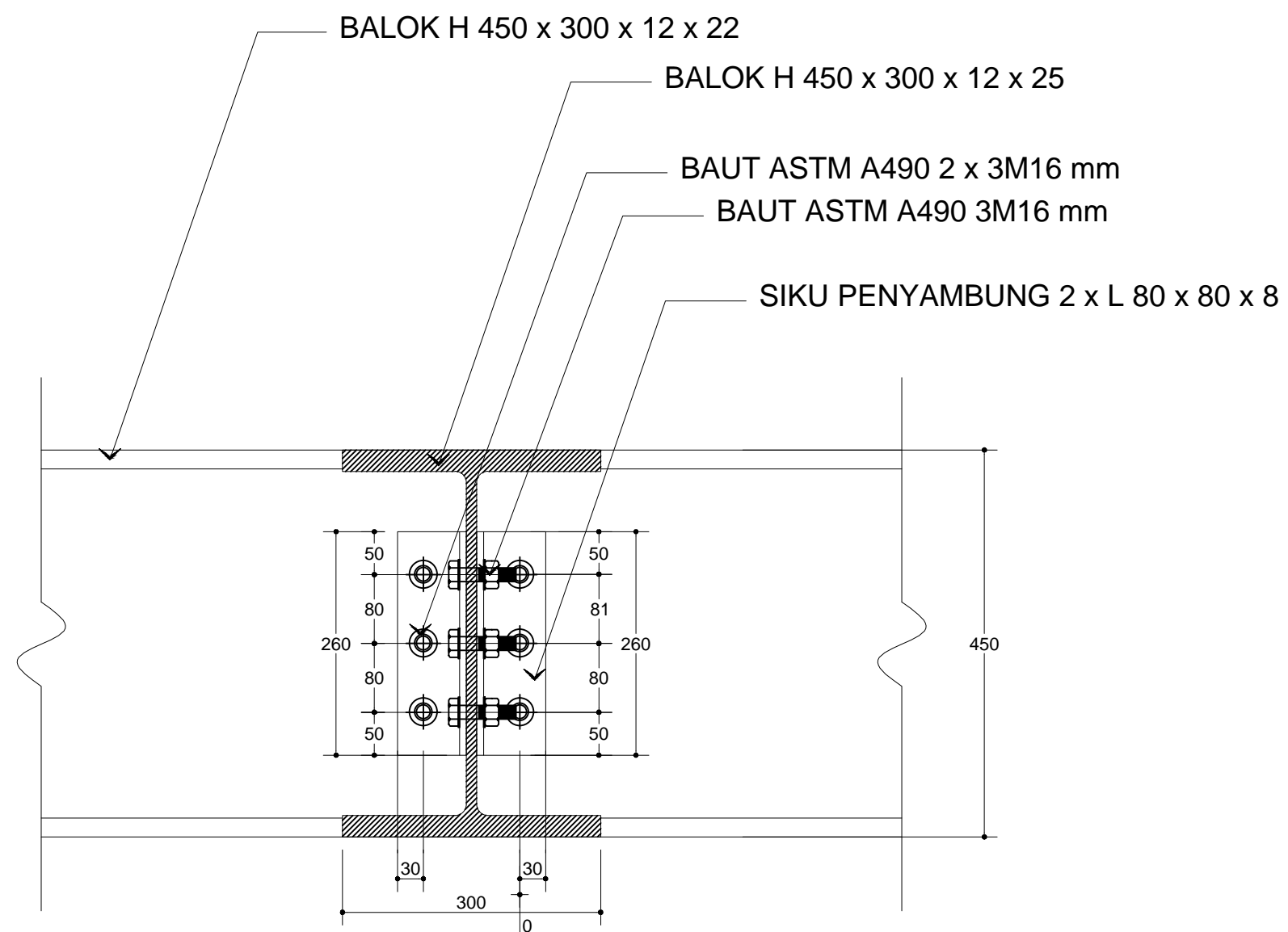
**SKALA 1:10**



**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 6**

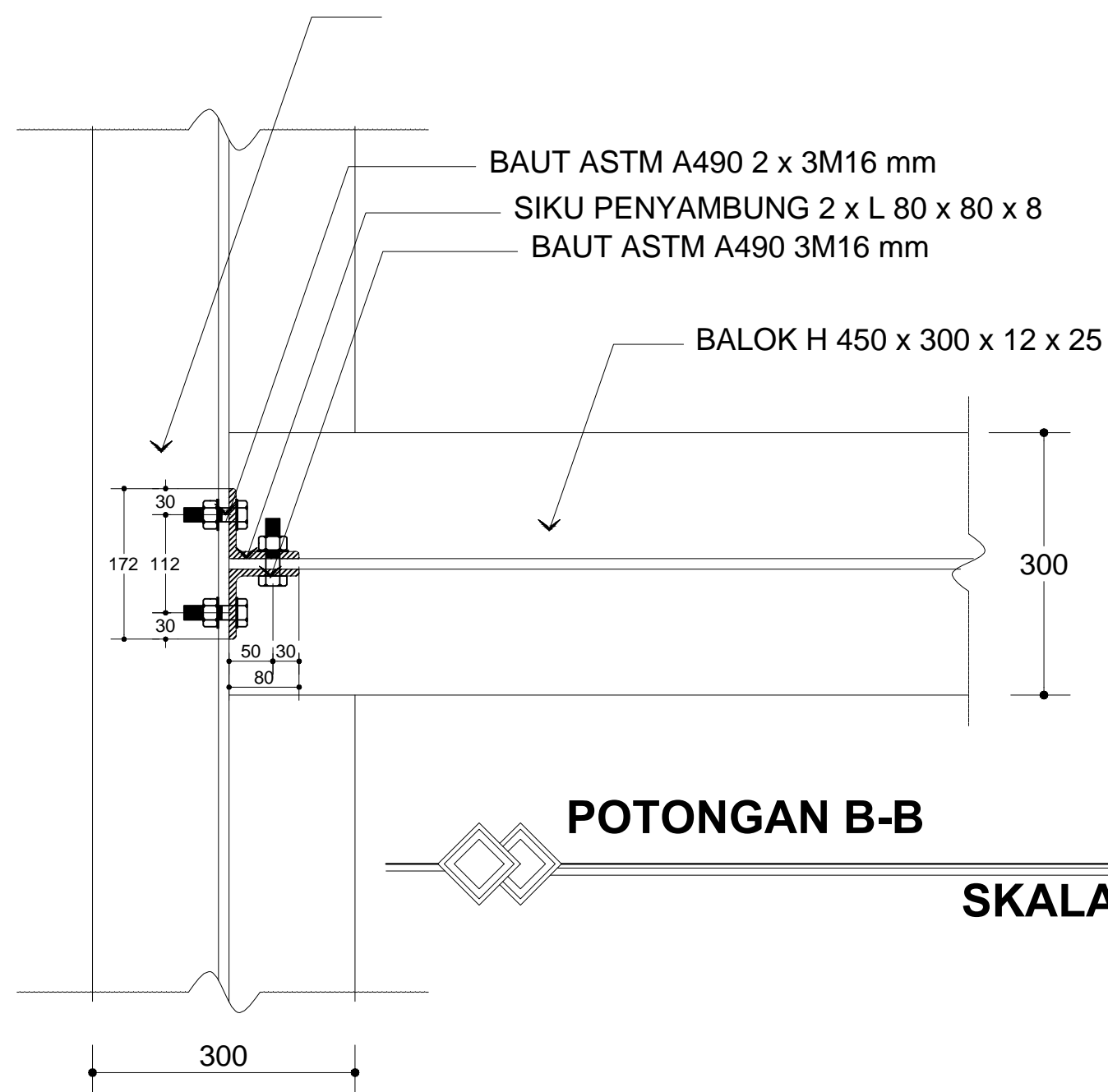
**SKALA 1:10**

BALOK H 450 x 300 x 12 x 22



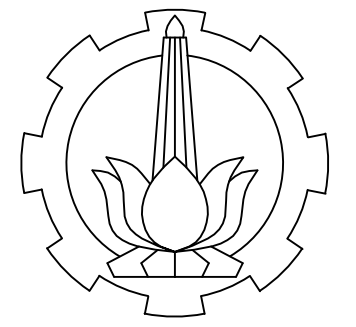
**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

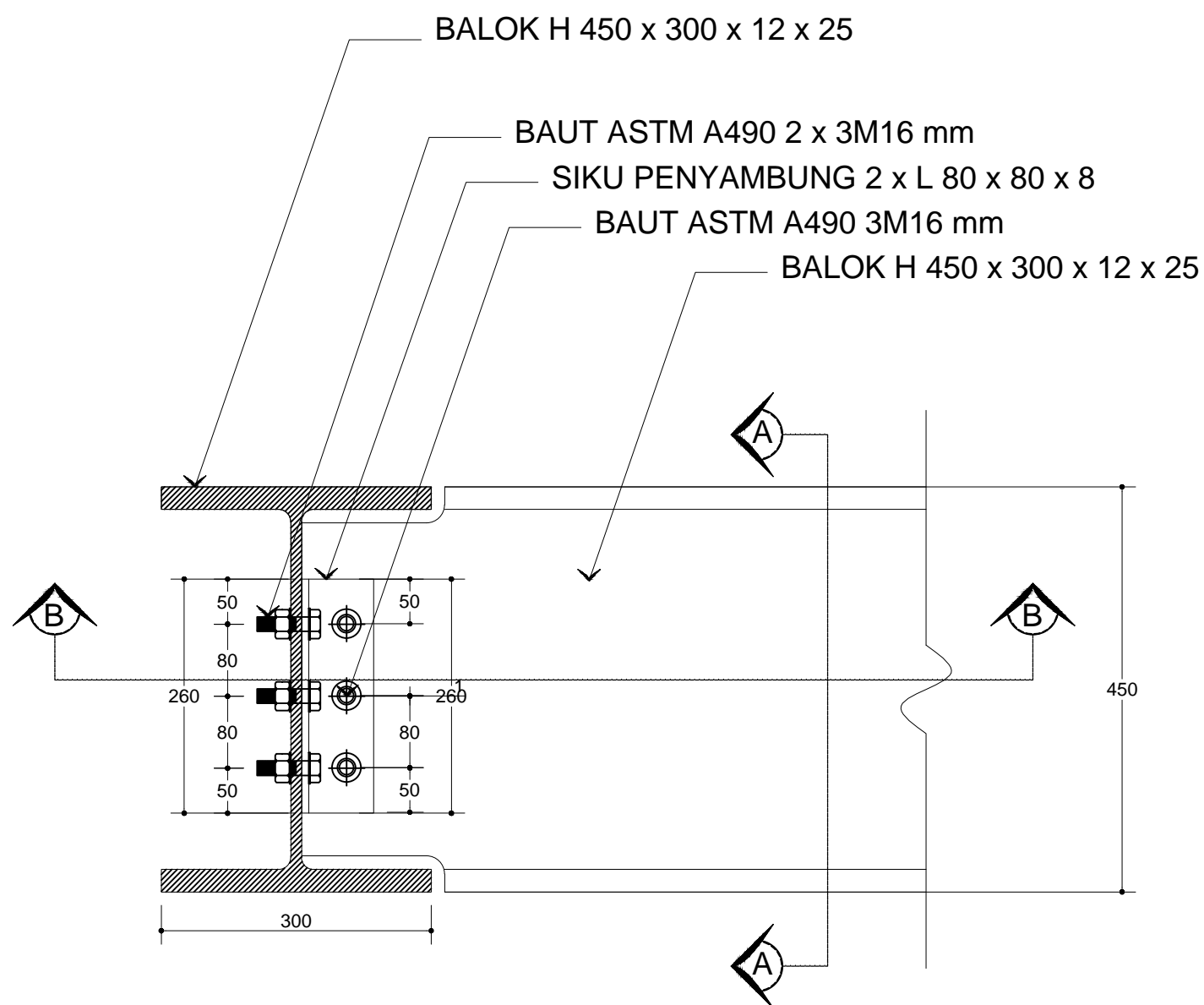
DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

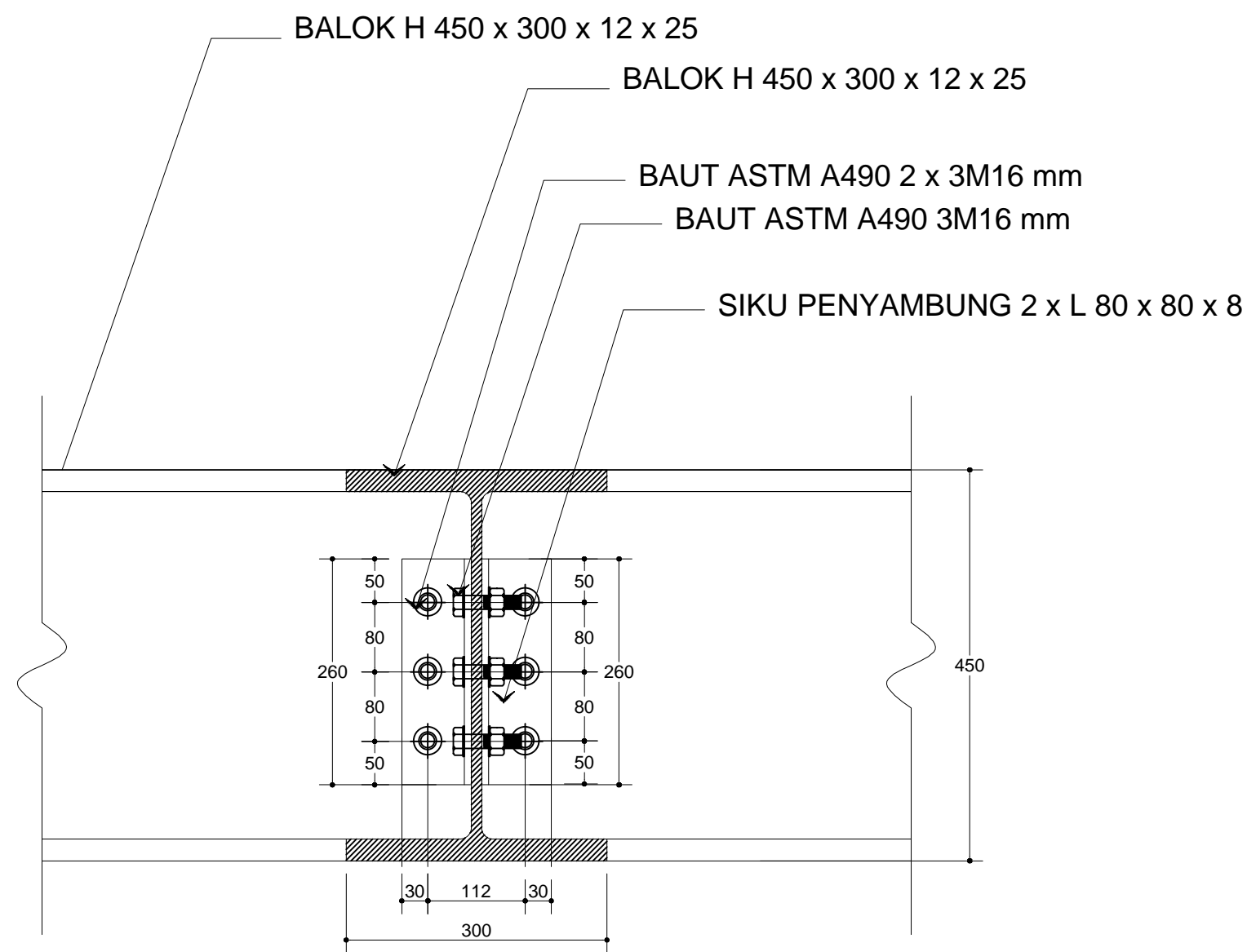
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR		SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 6(H 450x300x12x25 & H 450x300x12x22)		1 : 10
-Potongan A-A Tipe 6		1 : 10
-Potongan B-B Tipe 6		1 : 10
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>59</b>	<b>86</b>



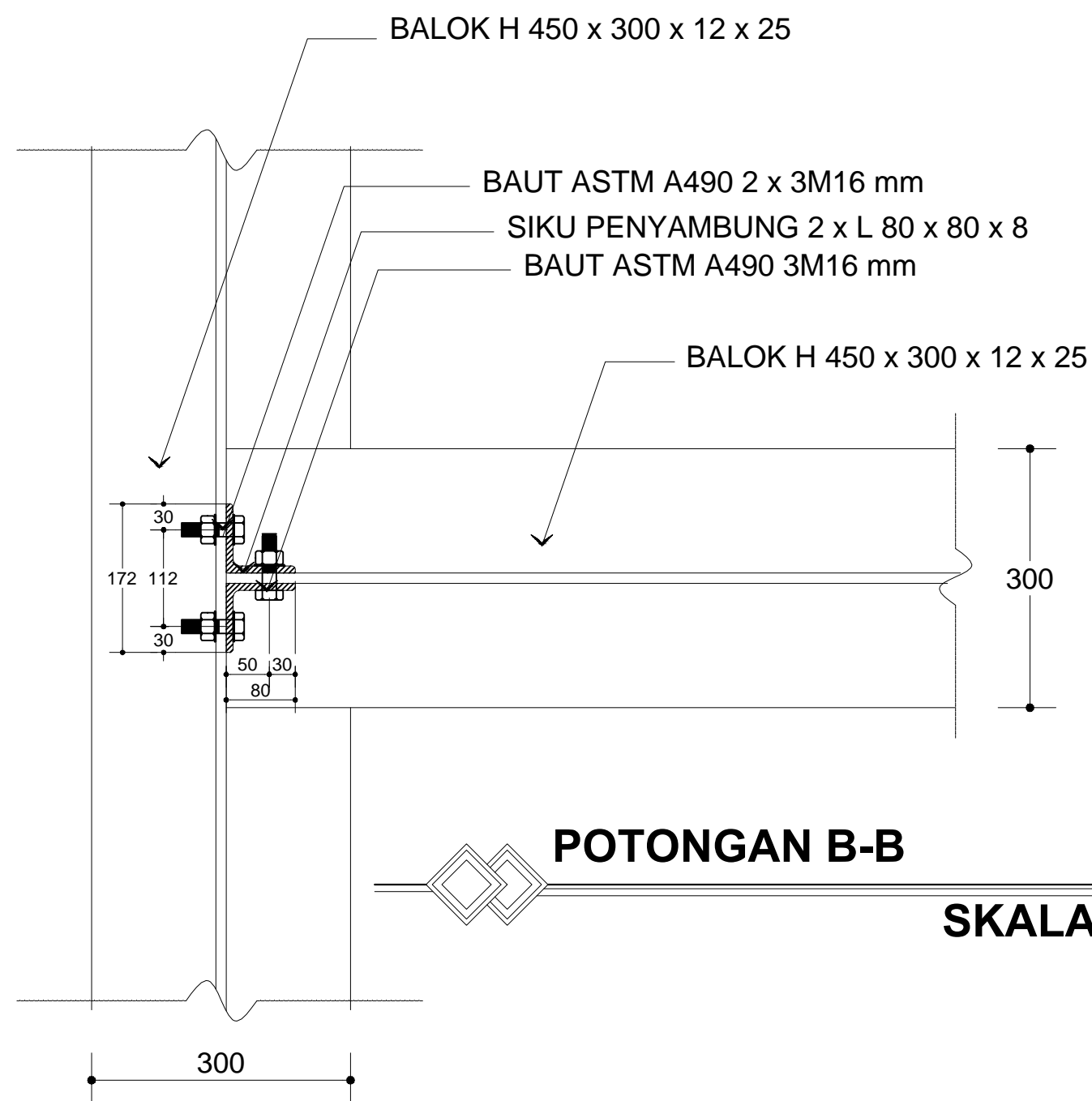
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 7**

**SKALA 1:10**



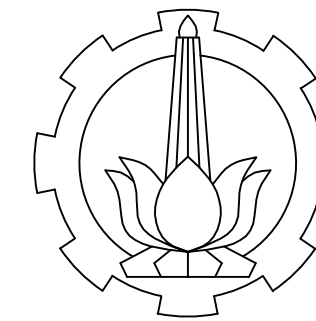
**POTONGAN A-A**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Sambungan Balok - Balok  
Tipe 7(H 450x300x12x25 &  
H 450x300x12x25)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 7

1 : 10

-Potongan B-B Tipe 7

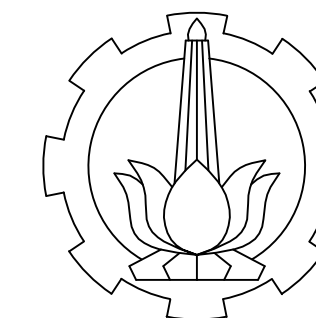
1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	60	86

**STR**

**60**

**86**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

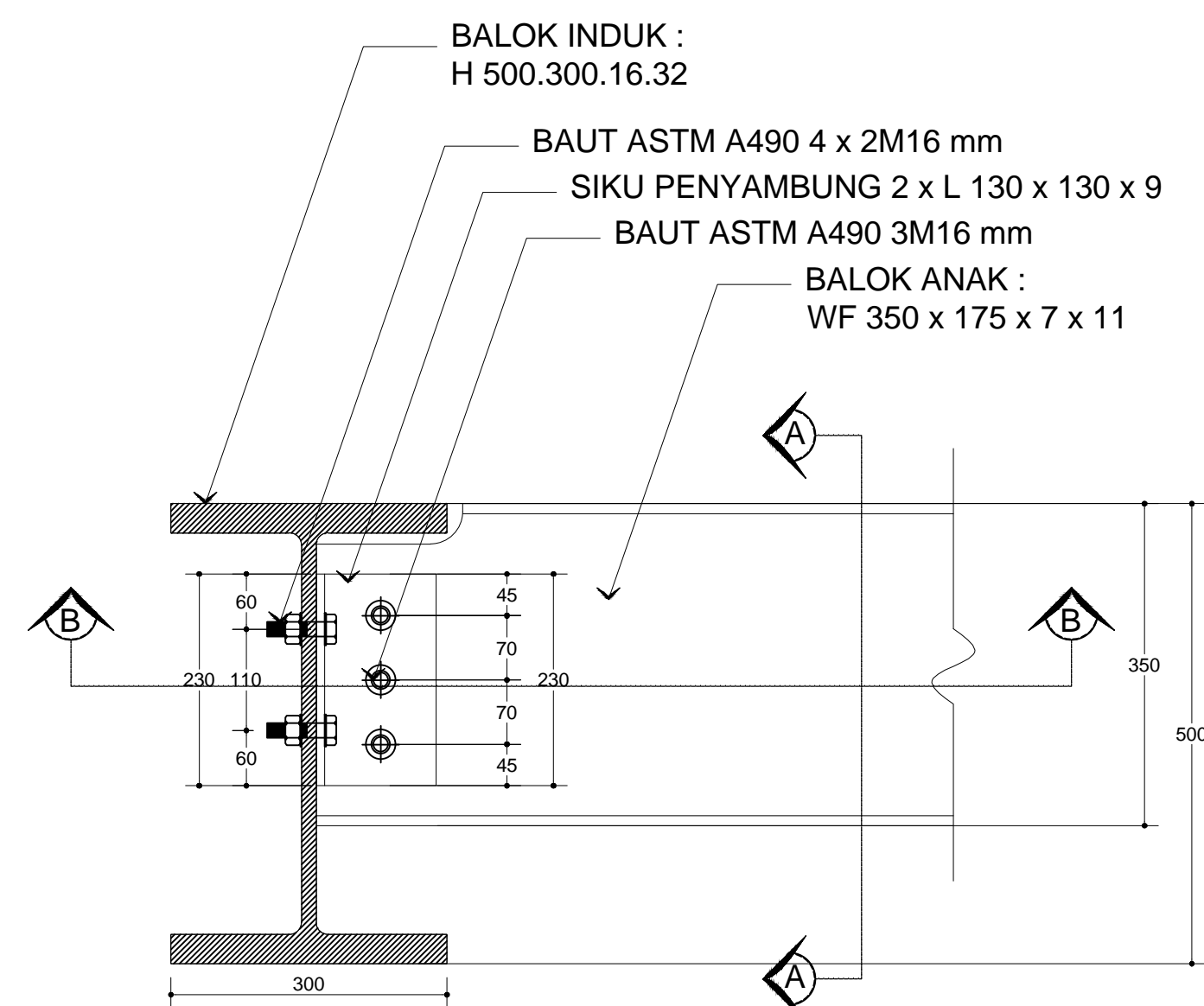
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

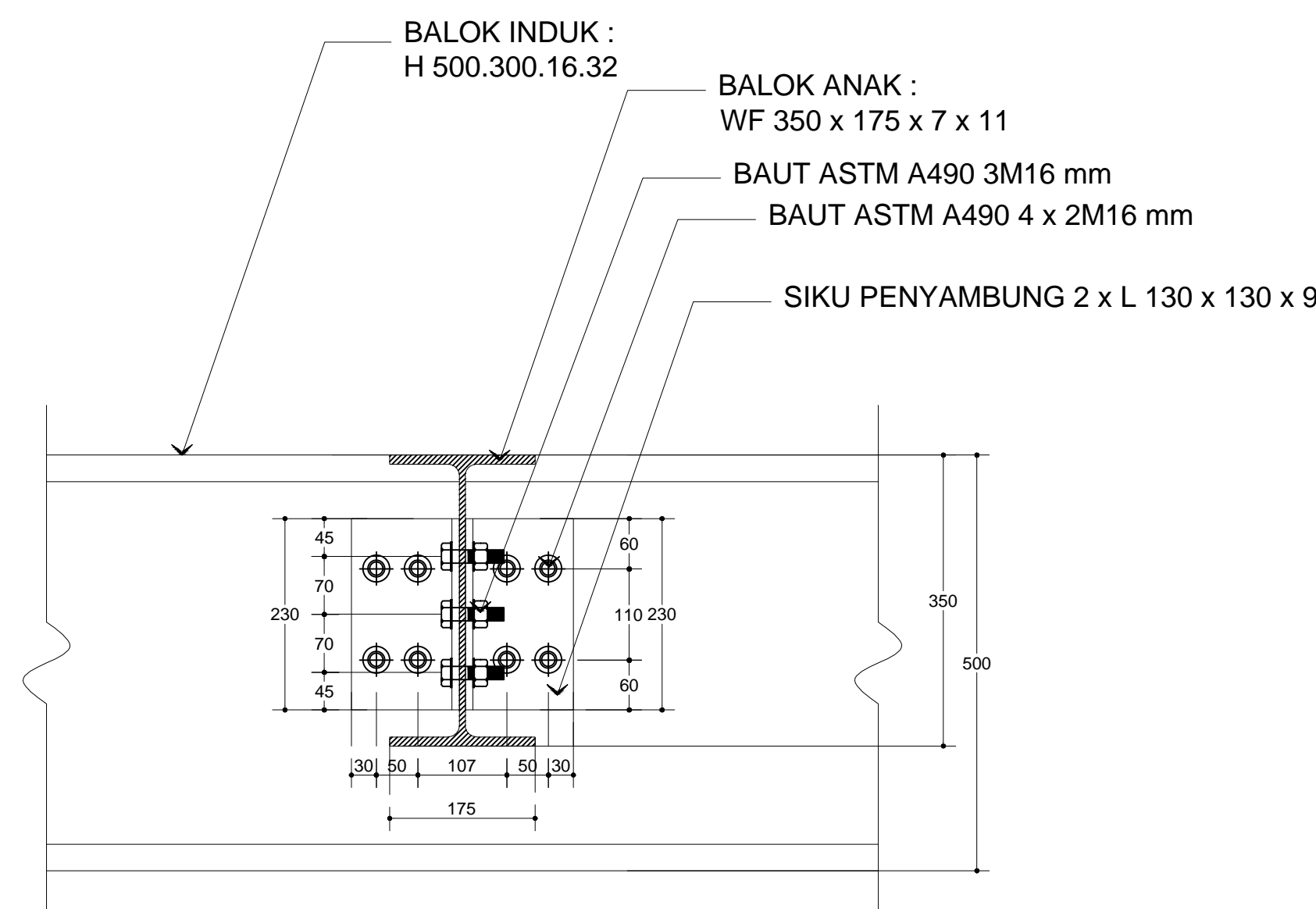
NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 8 (H 500x300x16x32& WF 350x175x7x11)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 8	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 8	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	61	86



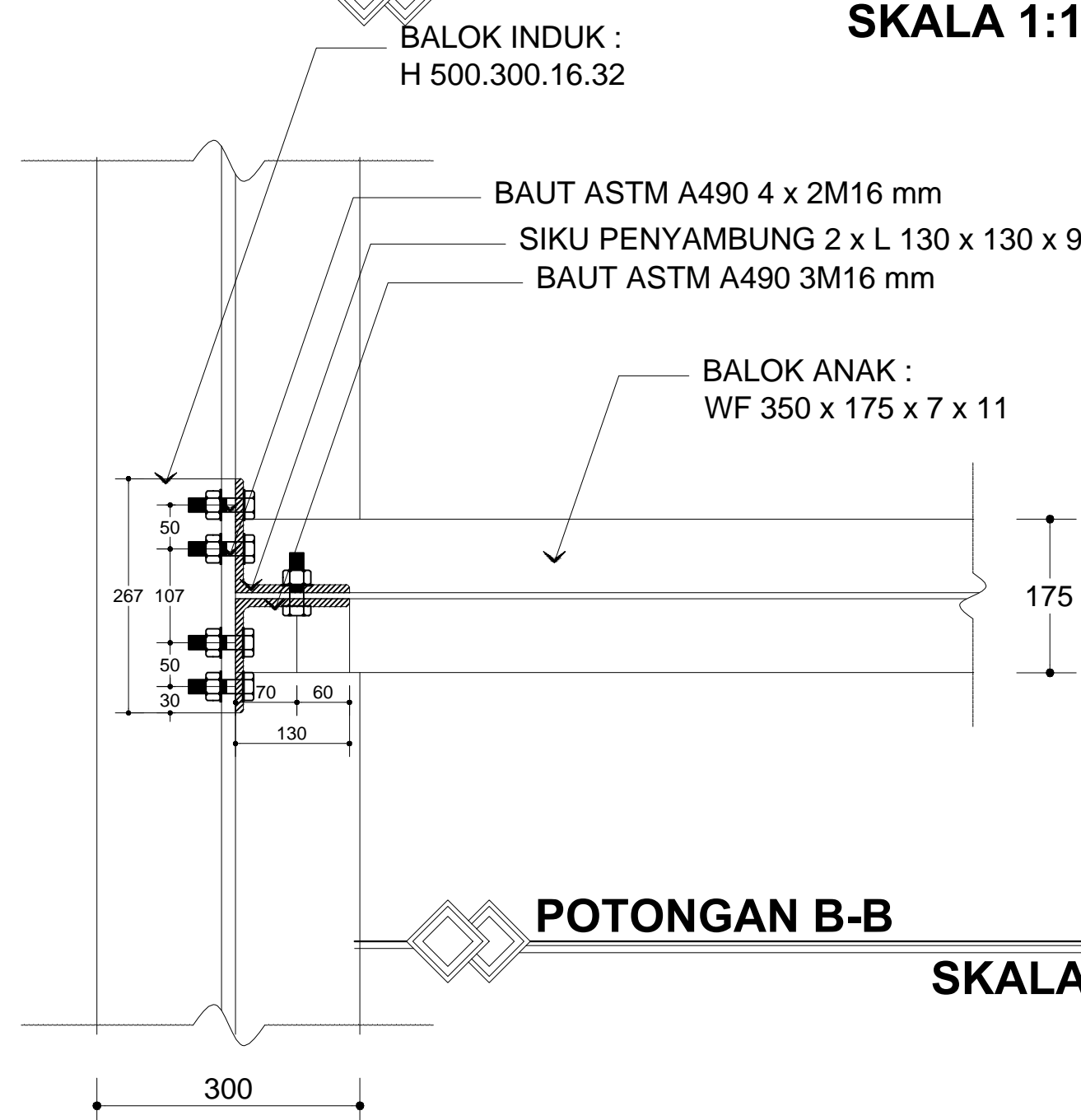
**SAMBUNGAN BALOK & BALOK  
TIPE 8**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A-A**

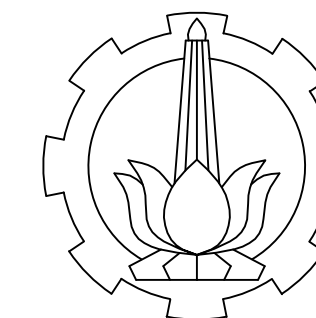
**SKALA 1:10**



**POTONGAN B-B**

**SKALA 1:10**





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

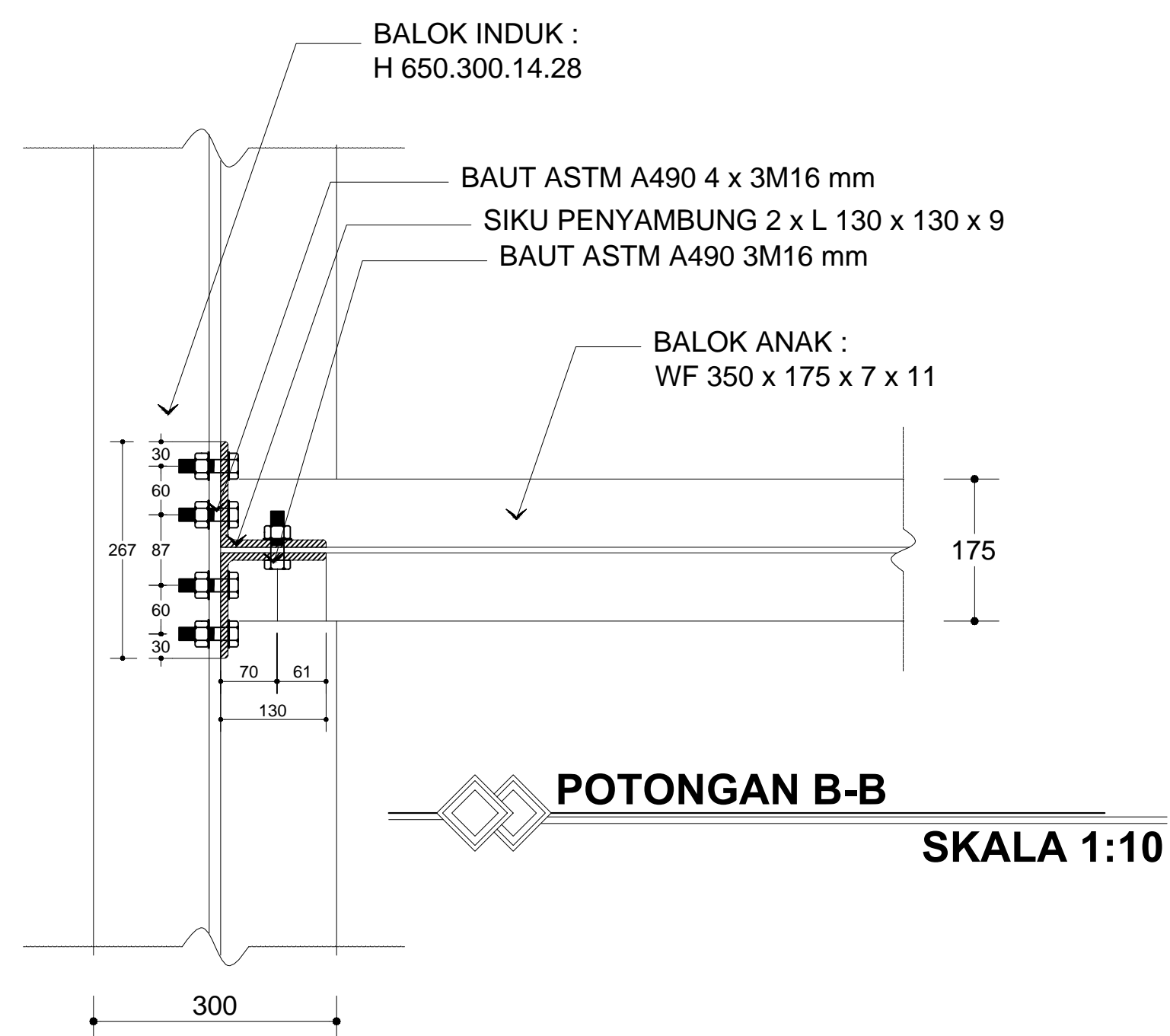
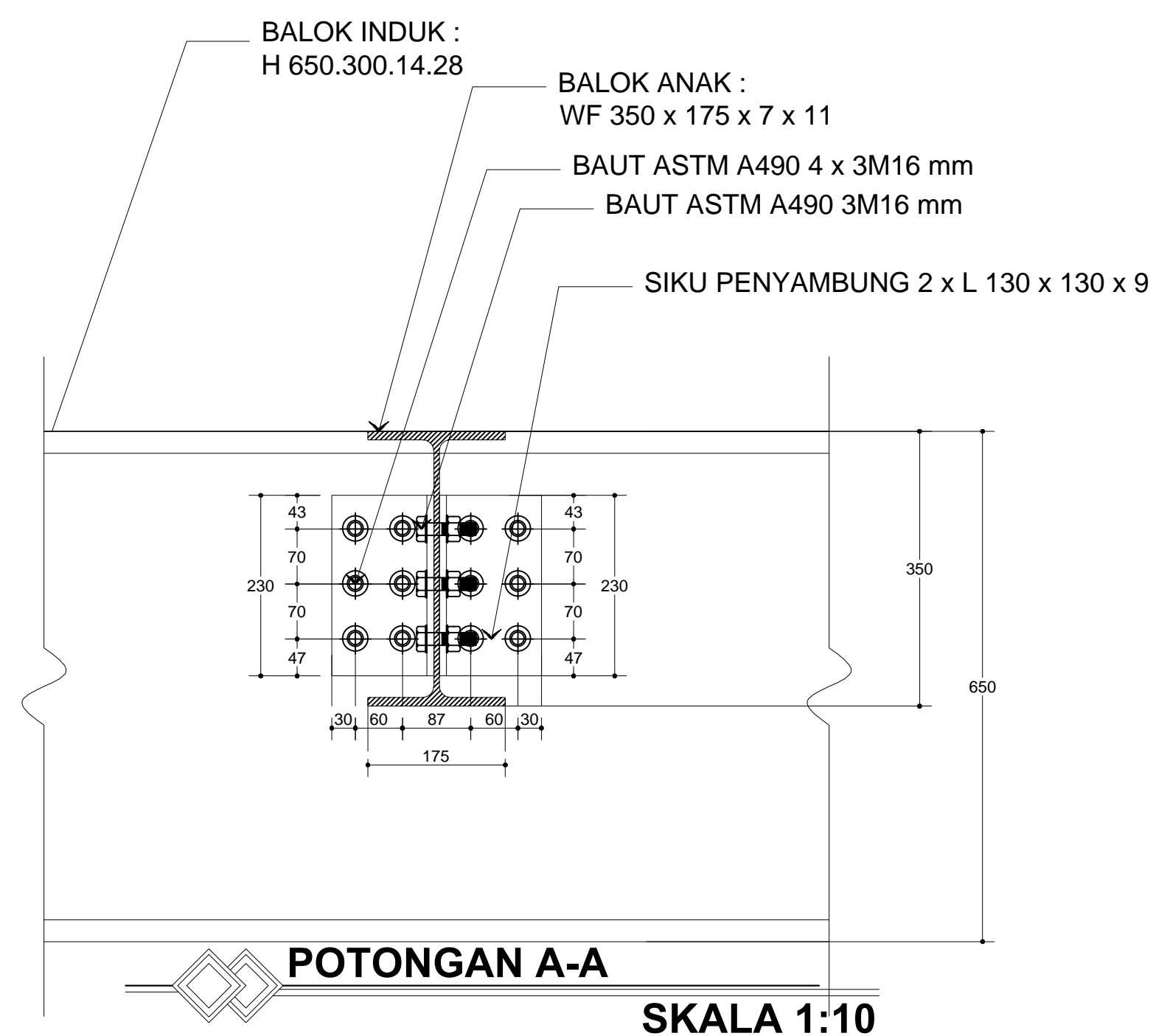
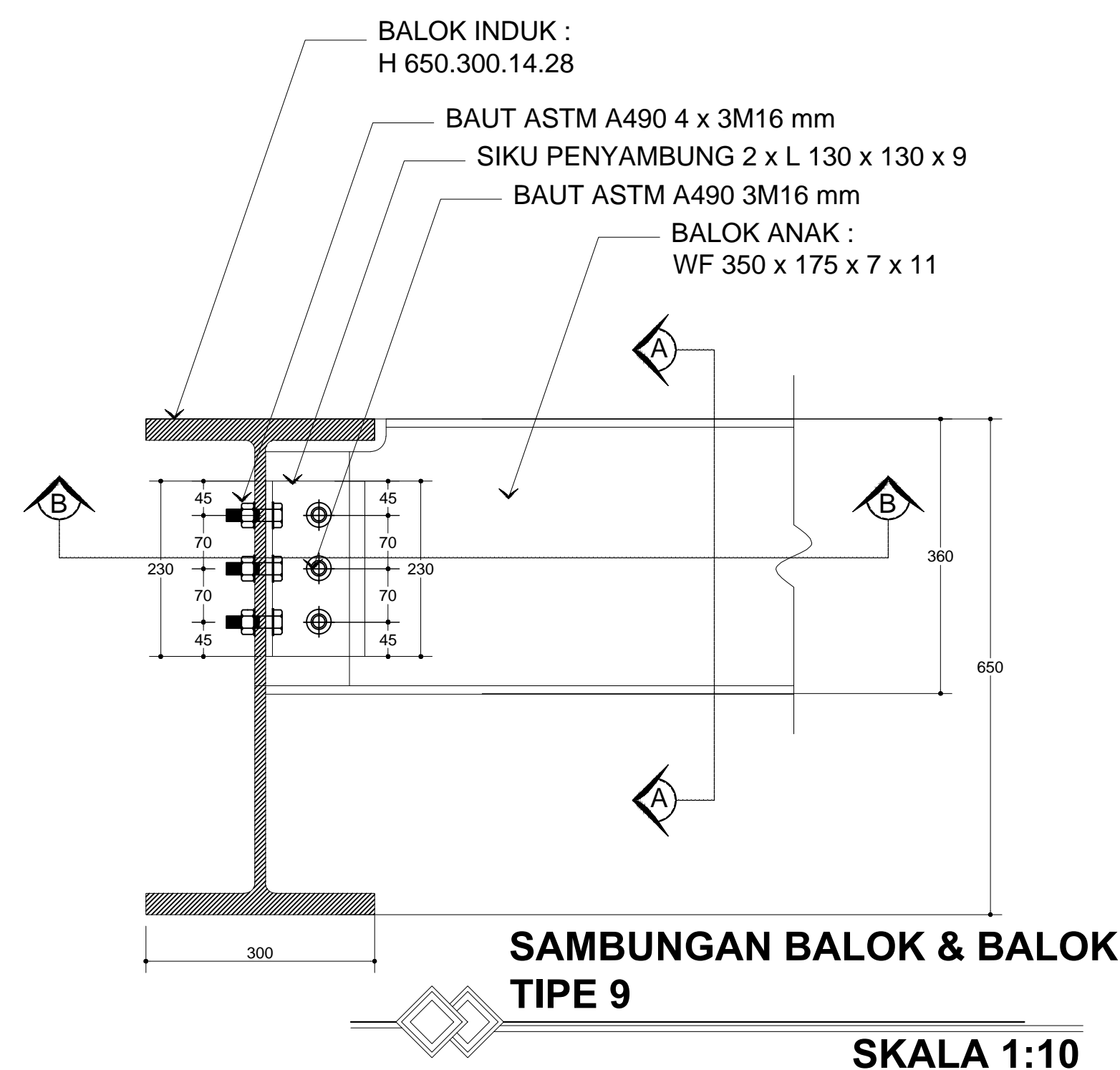
Suwarni  
NRP. 3113041099

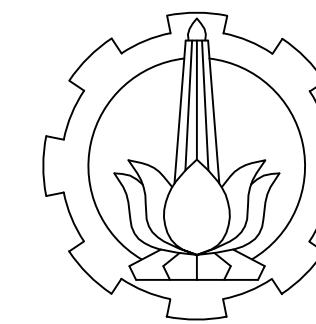
KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Balok Tipe 9 (H 650x300x14x28 & WF 350x175x7x11)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 9	1 : 10
-Potongan B-B Tipe 9	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	62	86





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 1(H 450x300x12x25 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 1

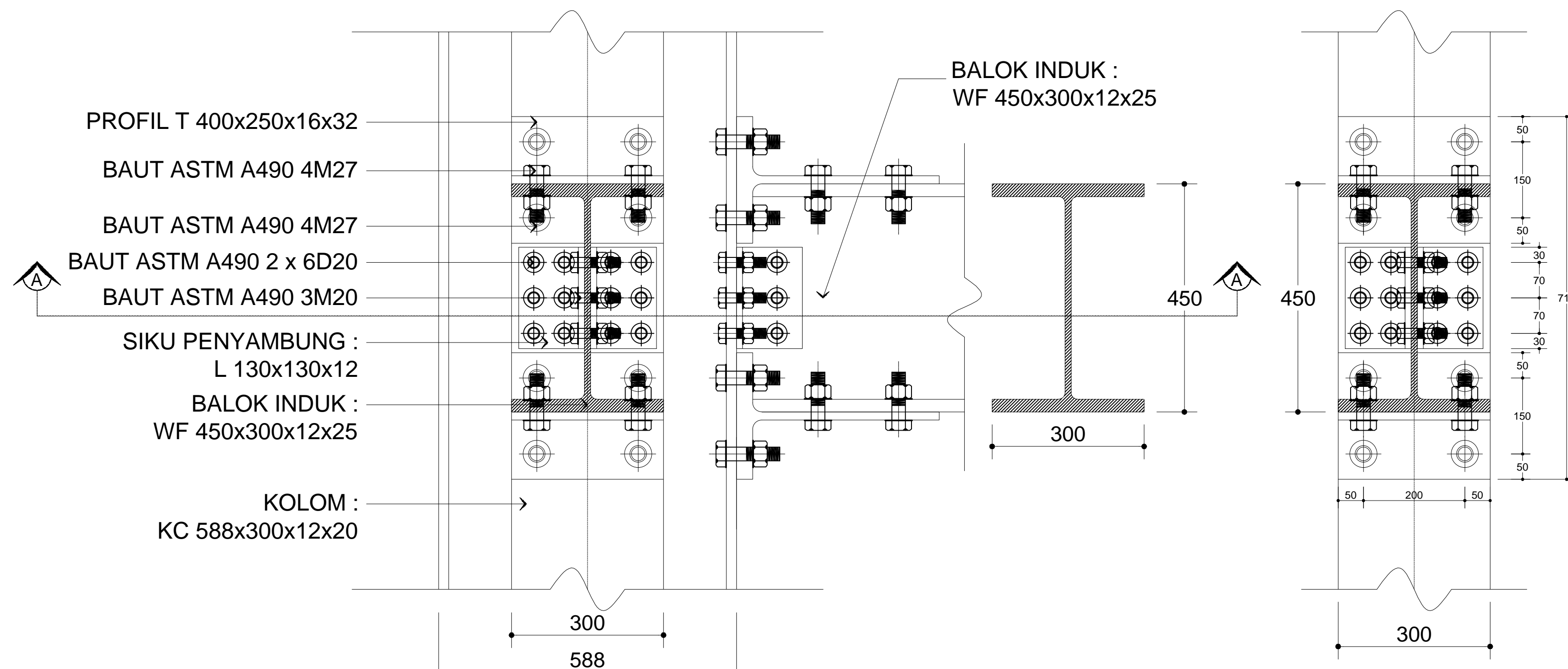
1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 1

1 : 10

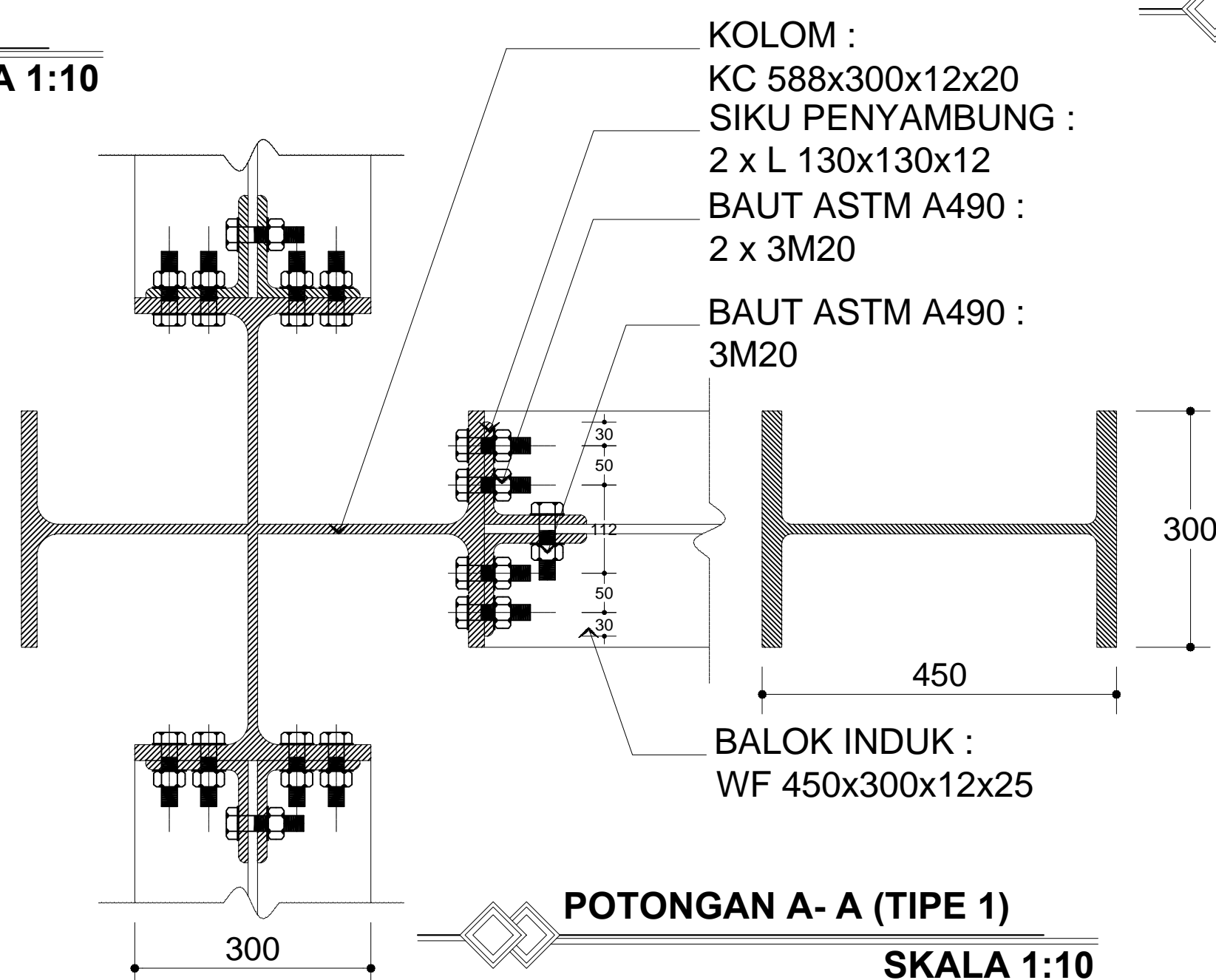
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	---------------	------------------

STR	63	86
-----	----	----



SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 1

SKALA 1:10

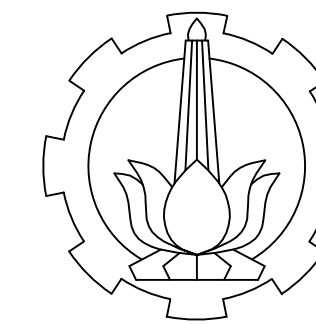


POTONGAN A- A (TIPE 1)

SKALA 1:10

DETAIL JARAK BAUT TIPE 1

SKALA 1:10



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

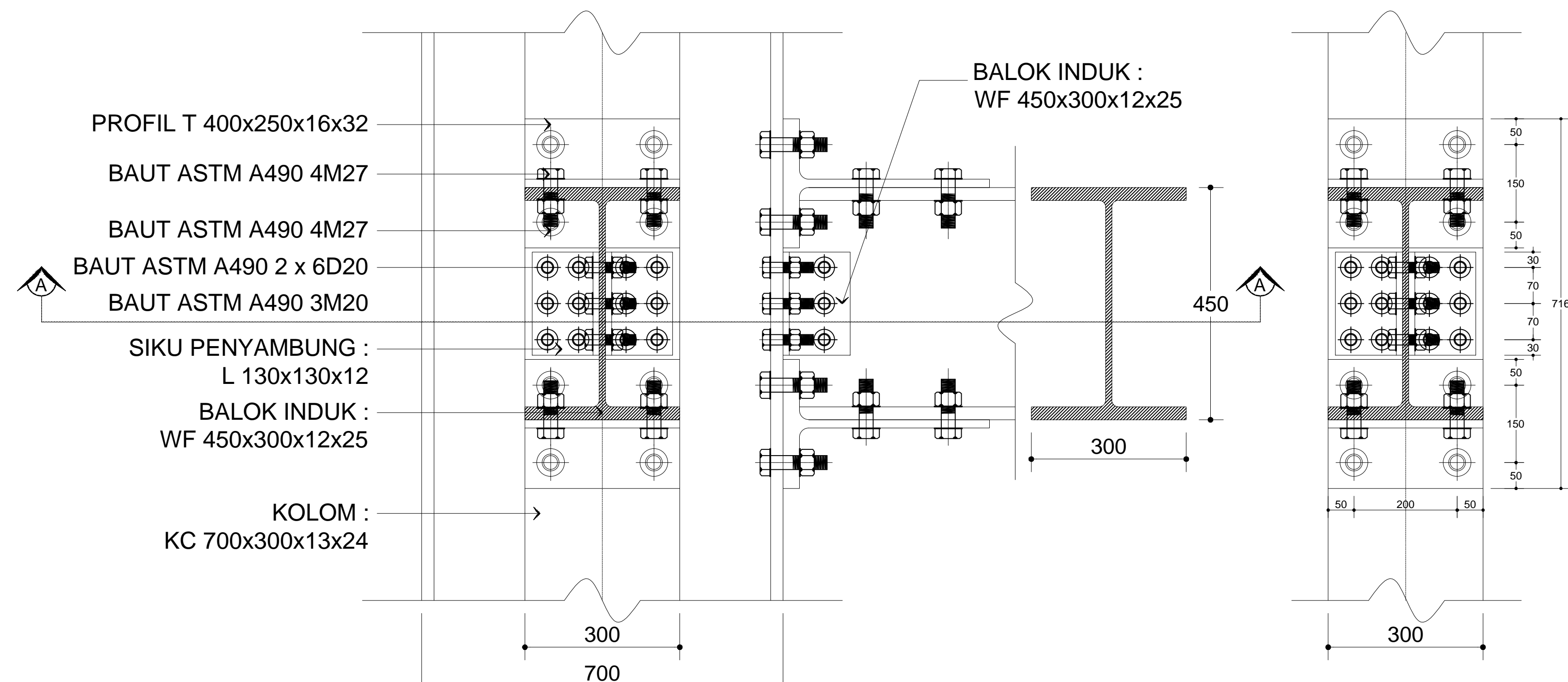
DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR		SKALA
-Sambungan Balok - Kolom Tipe 2 (H 450x300x12x25 & KC 700x300x13x24)		1 : 10
-Potongan A-A Tipe 2		1 : 10
-Detail Jarak Baut Tipe 2		1 : 10
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	64	86

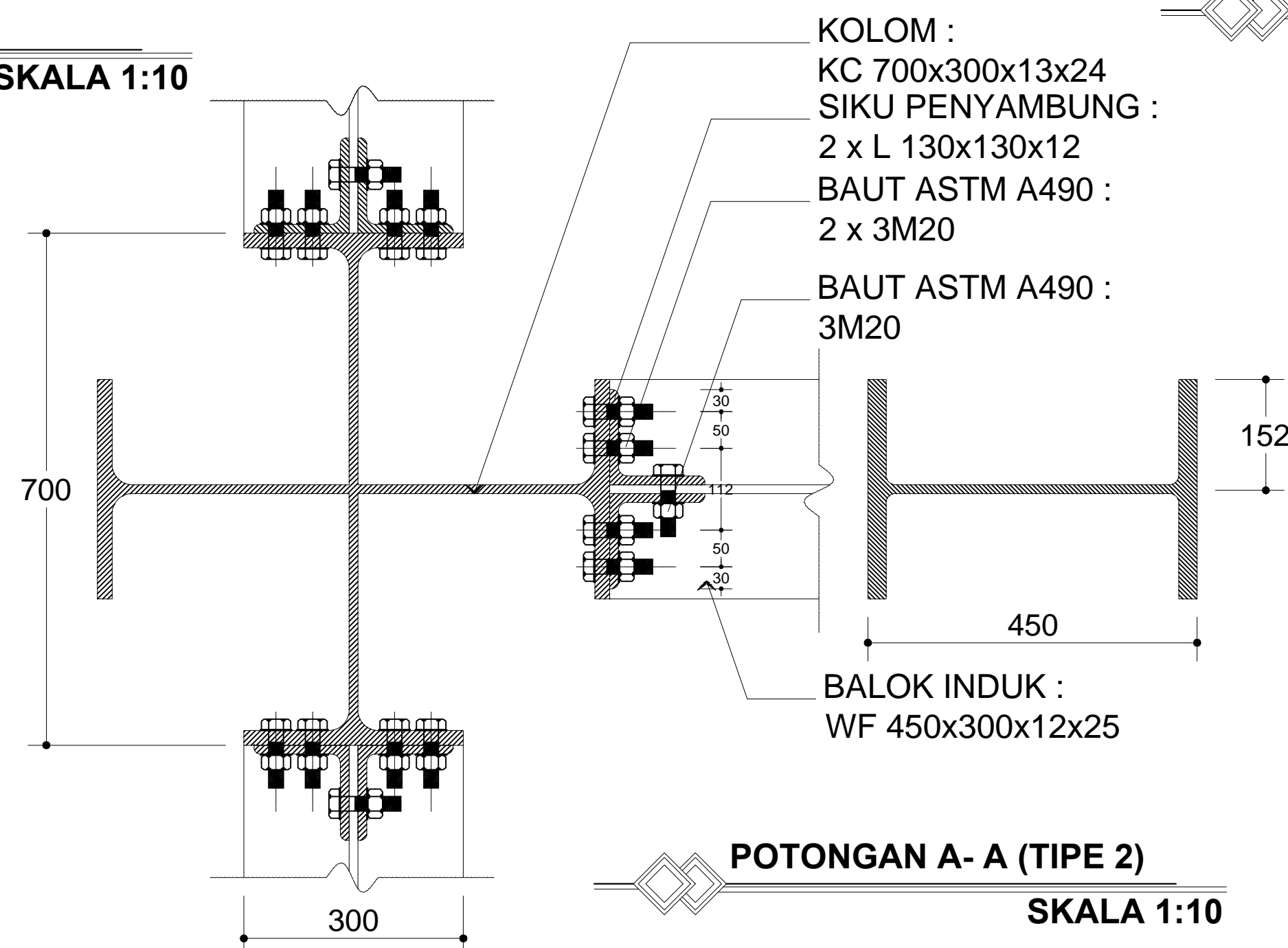


SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 2

SKALA 1:10

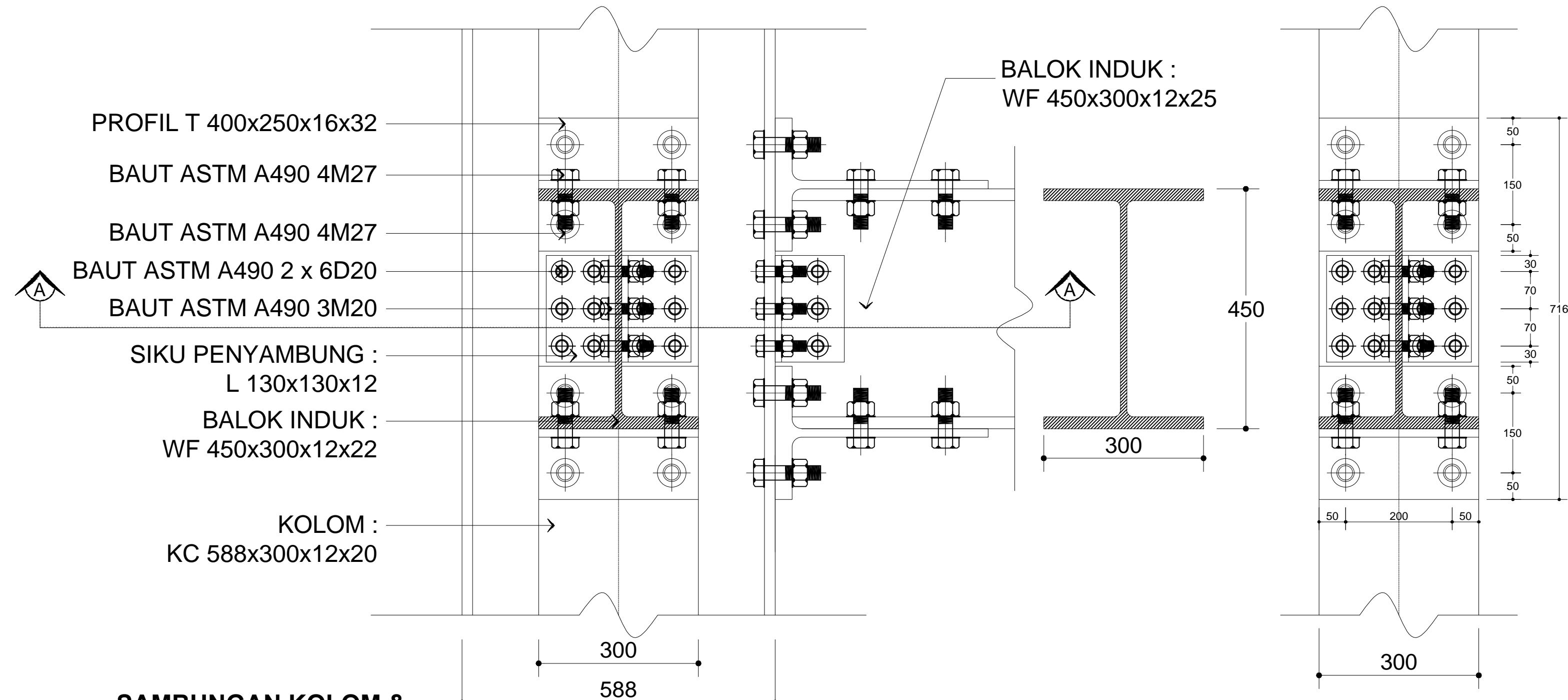
DETAIL JARAK BAUT TIPE 2

SKALA 1:10



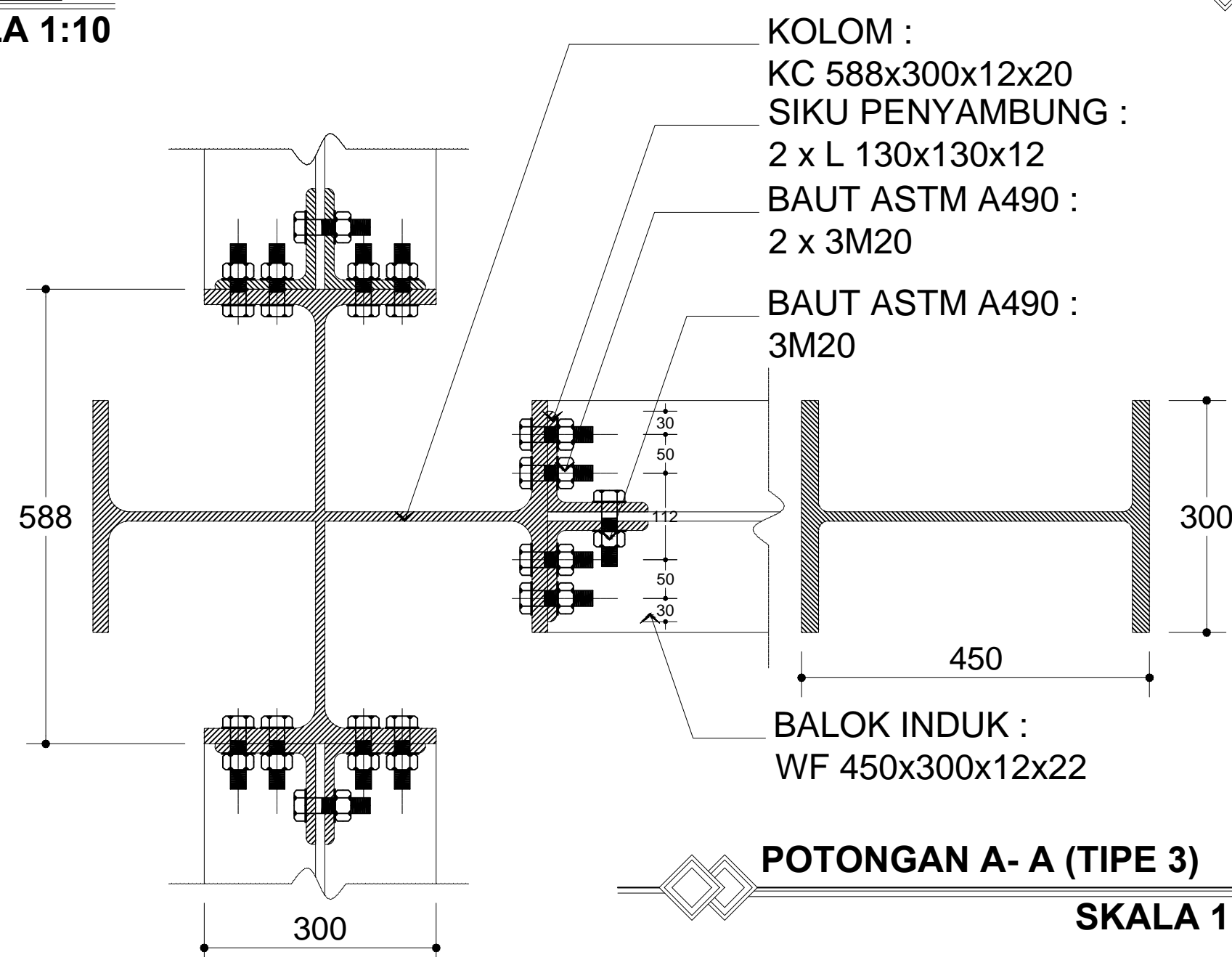
POTONGAN A - A (TIPE 2)

SKALA 1:10



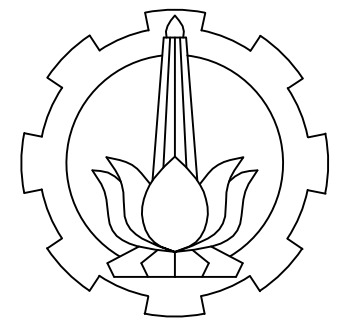
**SAMBUNGAN KOLOM & BALOK TIPE 3**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A- A (TIPE 3)**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 3(H 450x300x12x22 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 3

1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 3

1 : 10

KODE  
GAMBAR

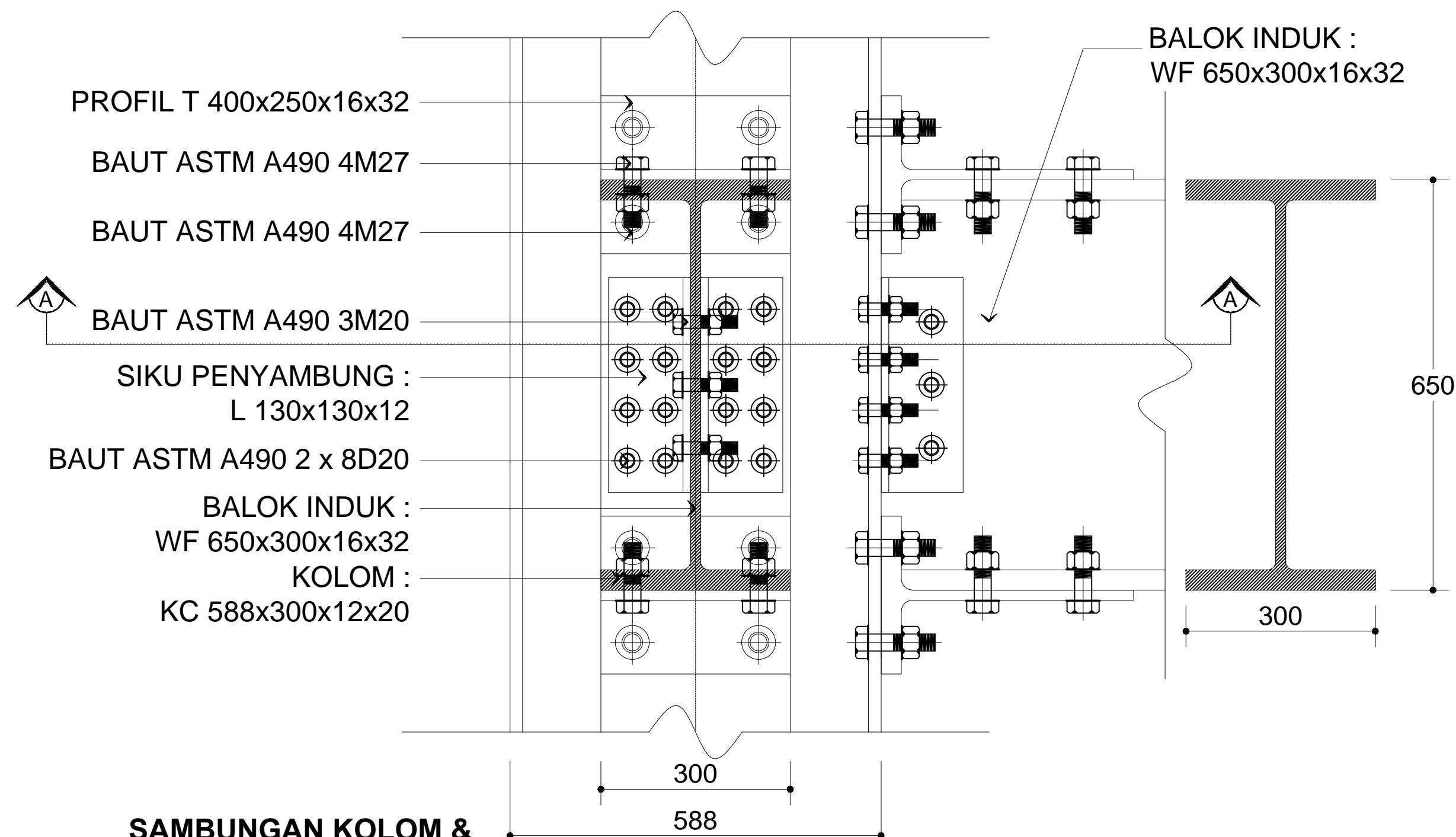
NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

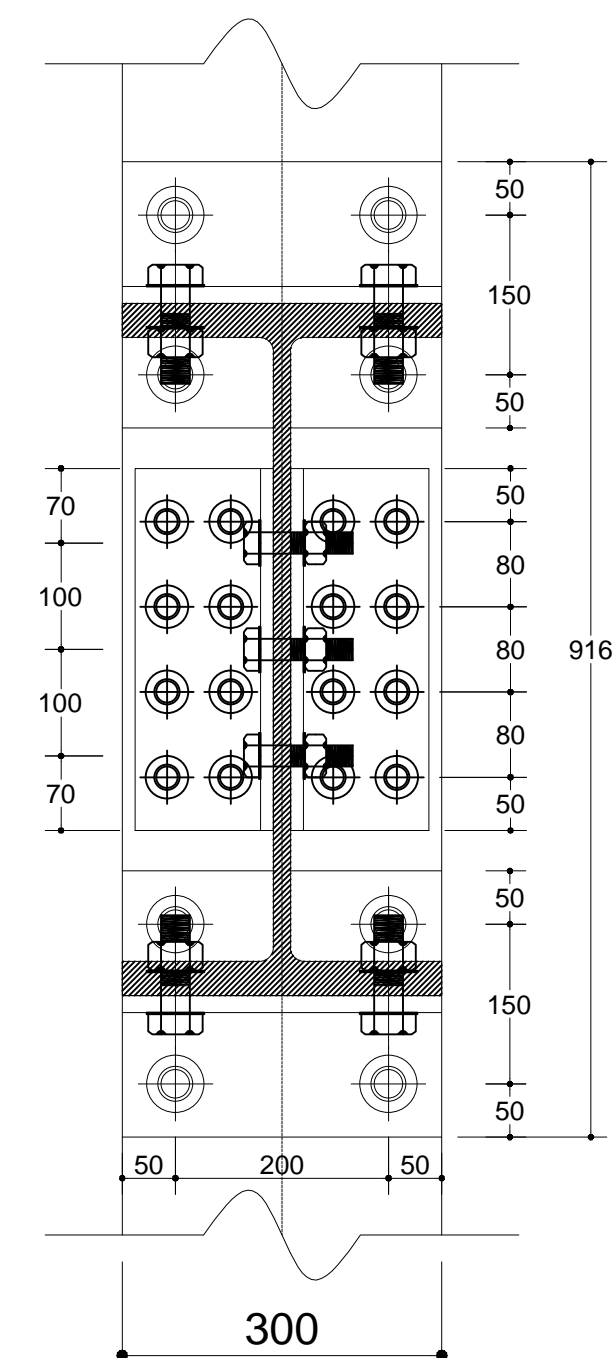
**65**

**86**



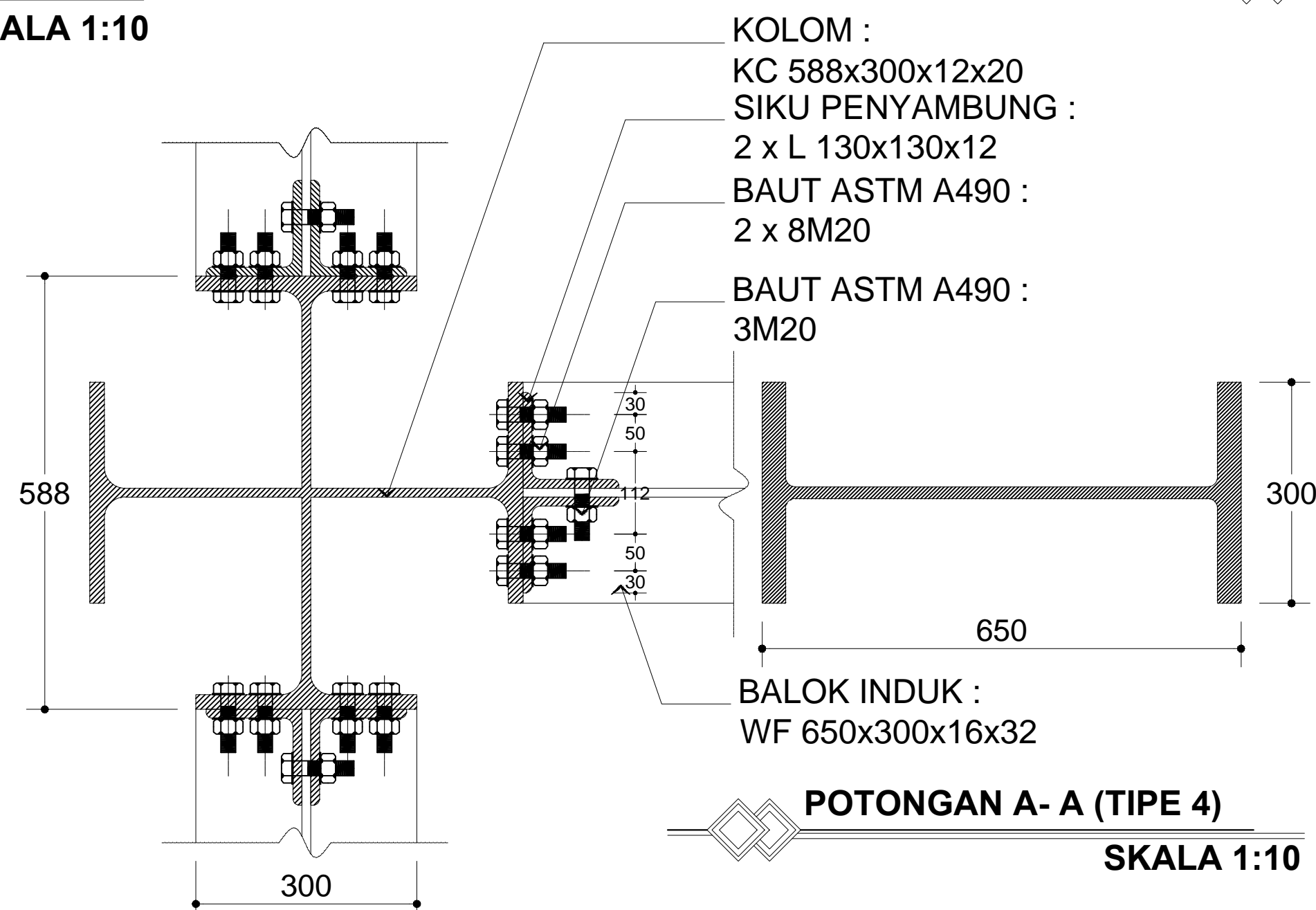
**SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 4**

**SKALA 1:10**



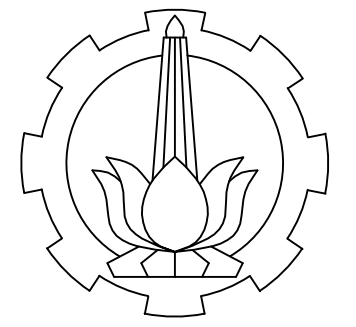
**DETAIL JARAK BAUT TIPE 4**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A- A (TIPE 4)**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

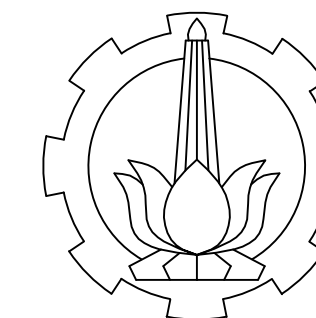
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Balok - Kolom Tipe 4 (H 650x300x16x32 & KC 588x300x12x20)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 4	1 : 10
-Detail Jarak Baut Tipe 4	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>66</b>	<b>86</b>



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 5 (H 650x300x14x28 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 5

1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 5

1 : 10

KODE  
GAMBAR

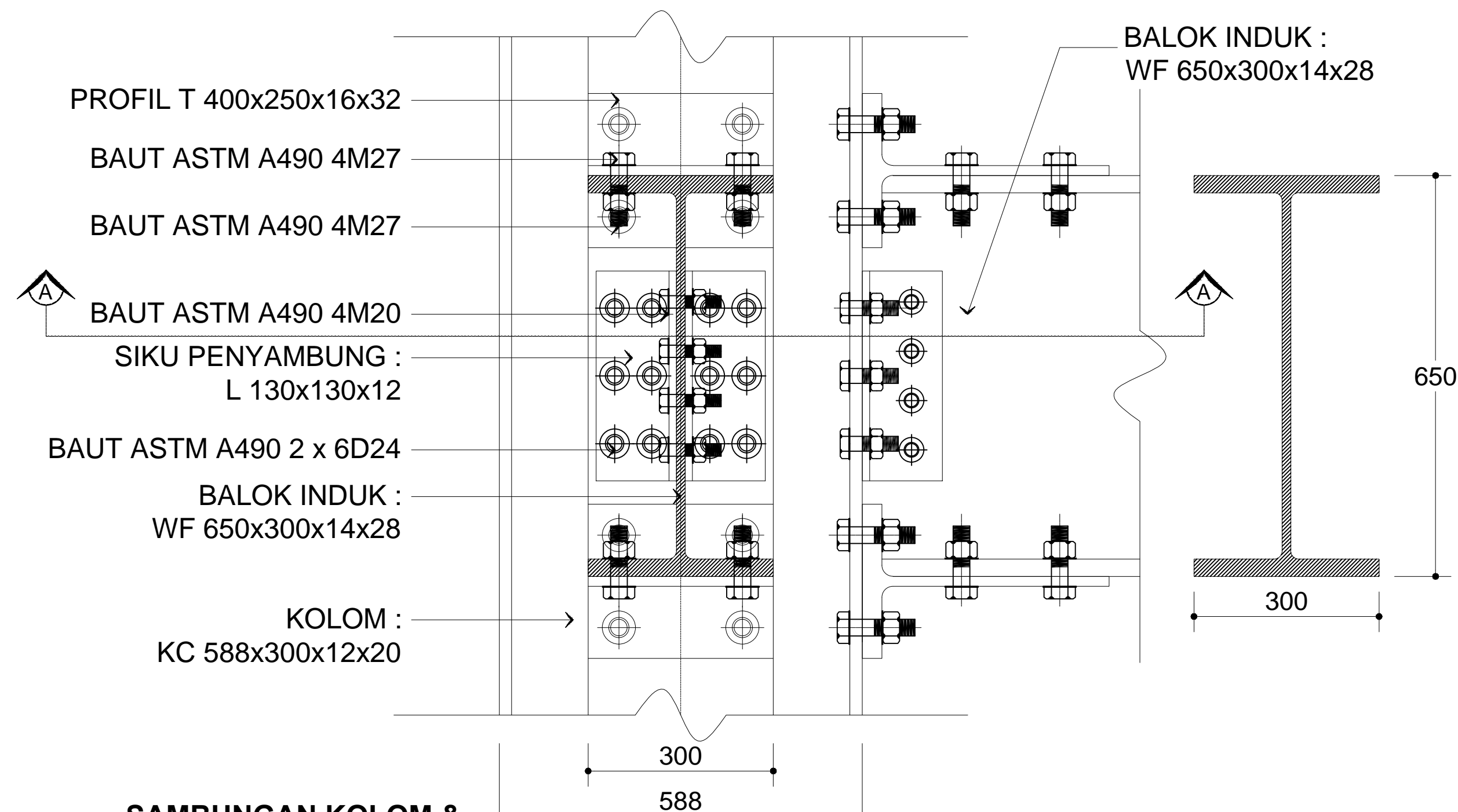
NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

**67**

**86**

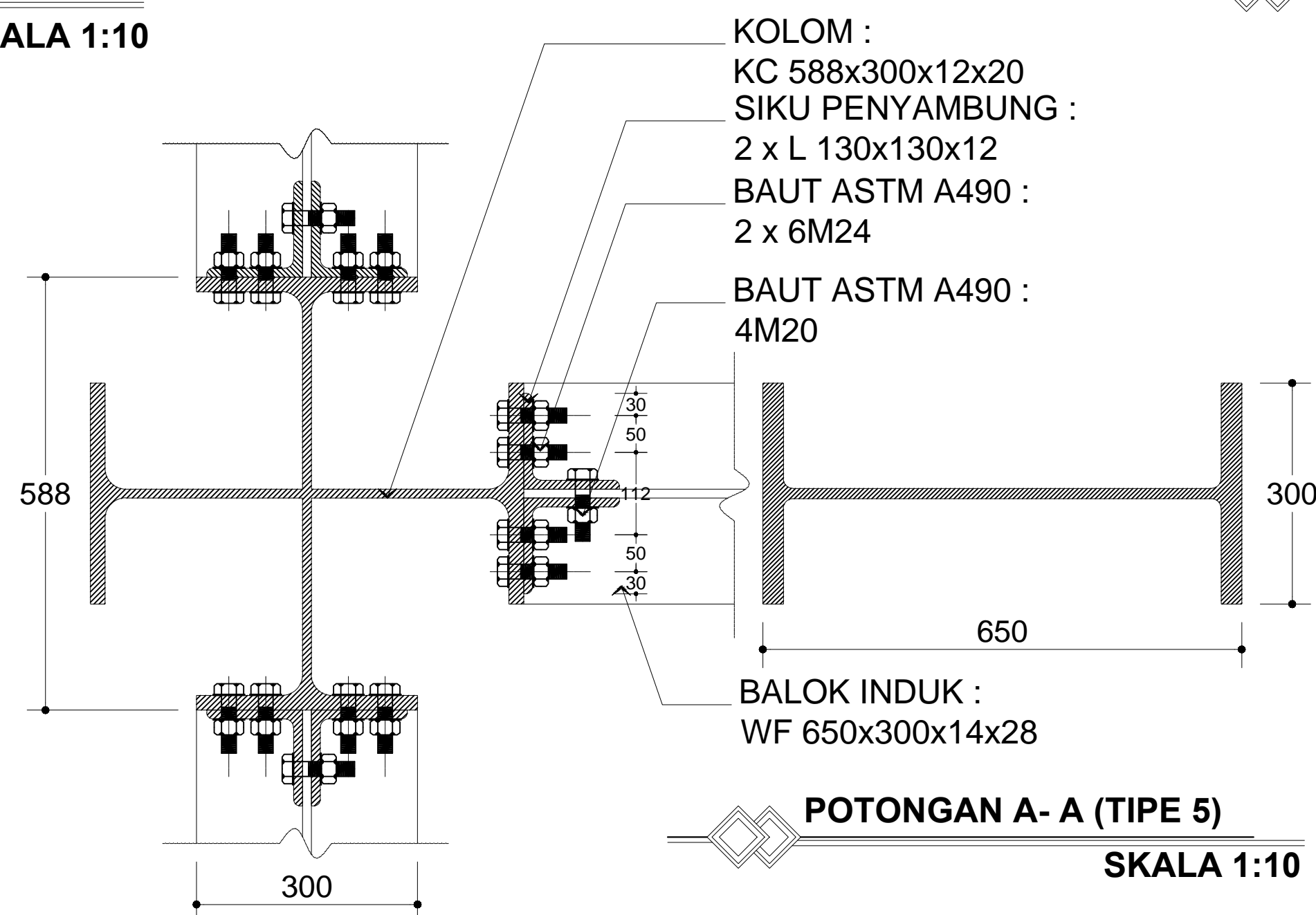


**SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 5**

**SKALA 1:10**

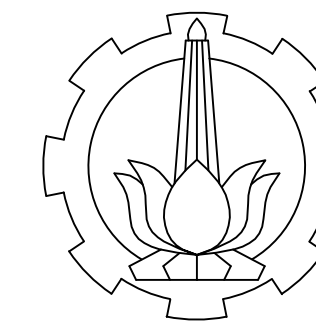
**DETAIL JARAK BAUT TIPE 5**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A- A (TIPE 5)**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 6 (H 500x300x16x32 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 6

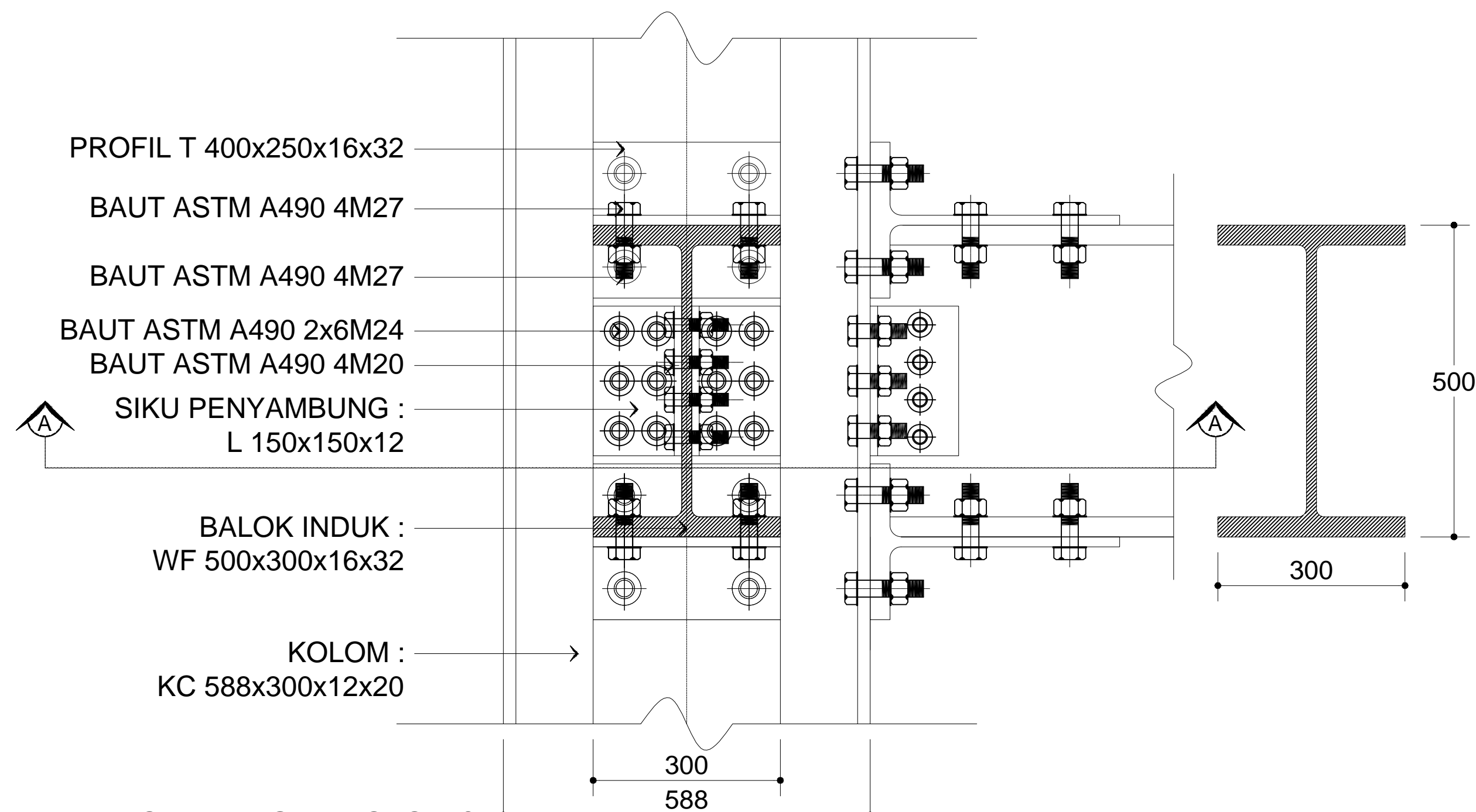
1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 6

1 : 10

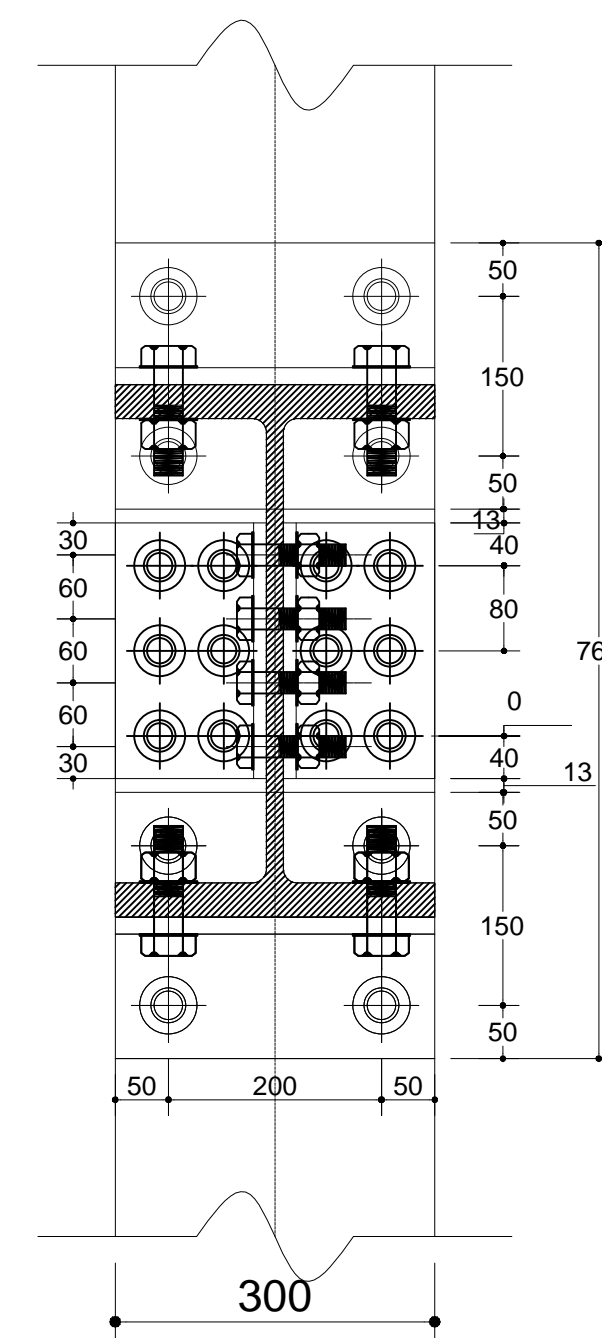
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	---------------	------------------

STR	68	86
-----	----	----



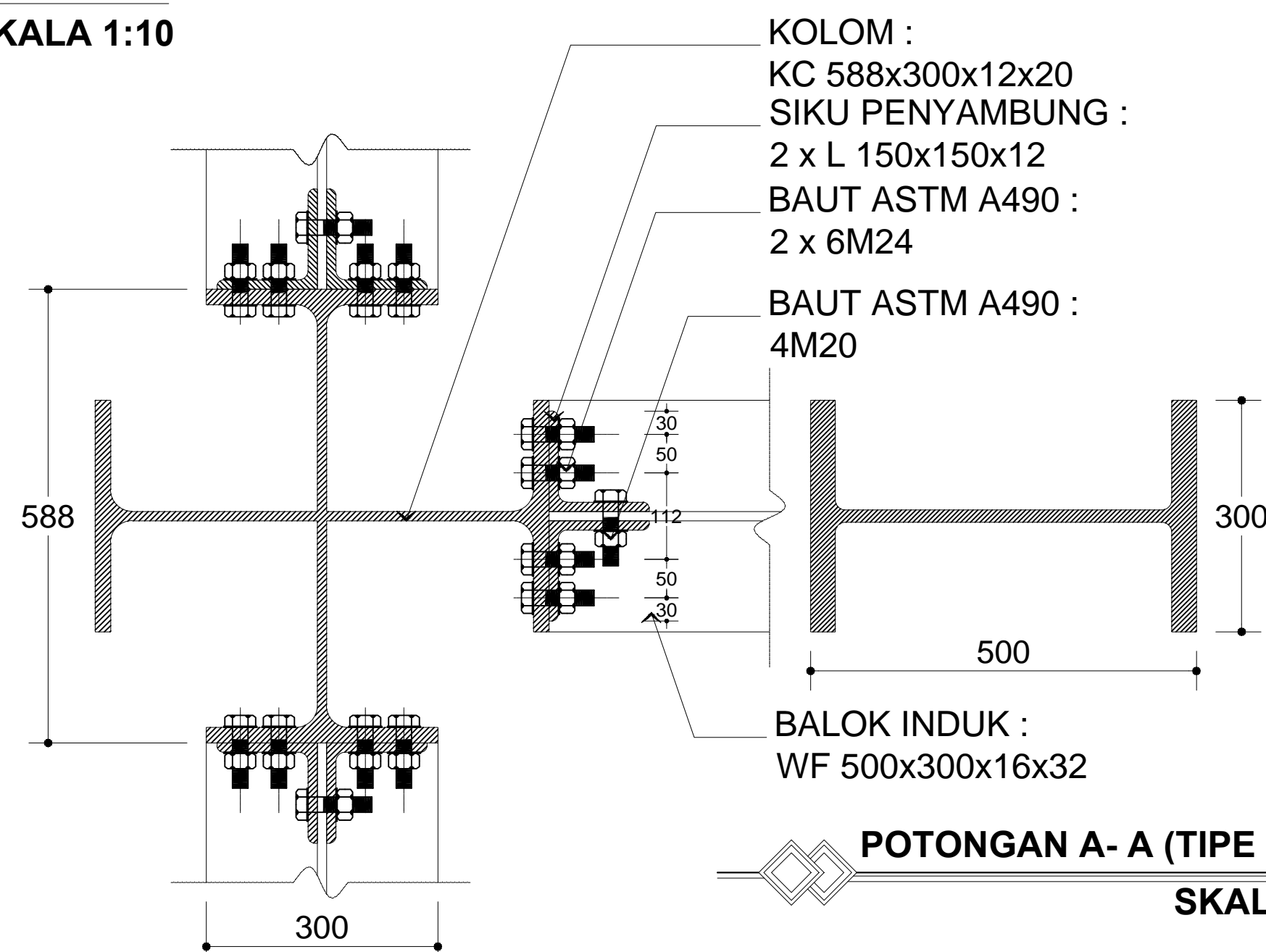
**SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 6**

SKALA 1:10



**DETAIL JARAK BAUT TIPE 6**

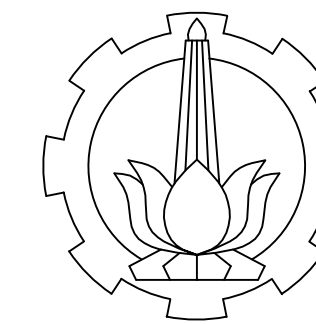
SKALA 1:10



**POTONGAN A- A (TIPE 6)**

SKALA 1:10





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 7 (H 650x300x16x32 &  
KC 700x300x13x24)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 7

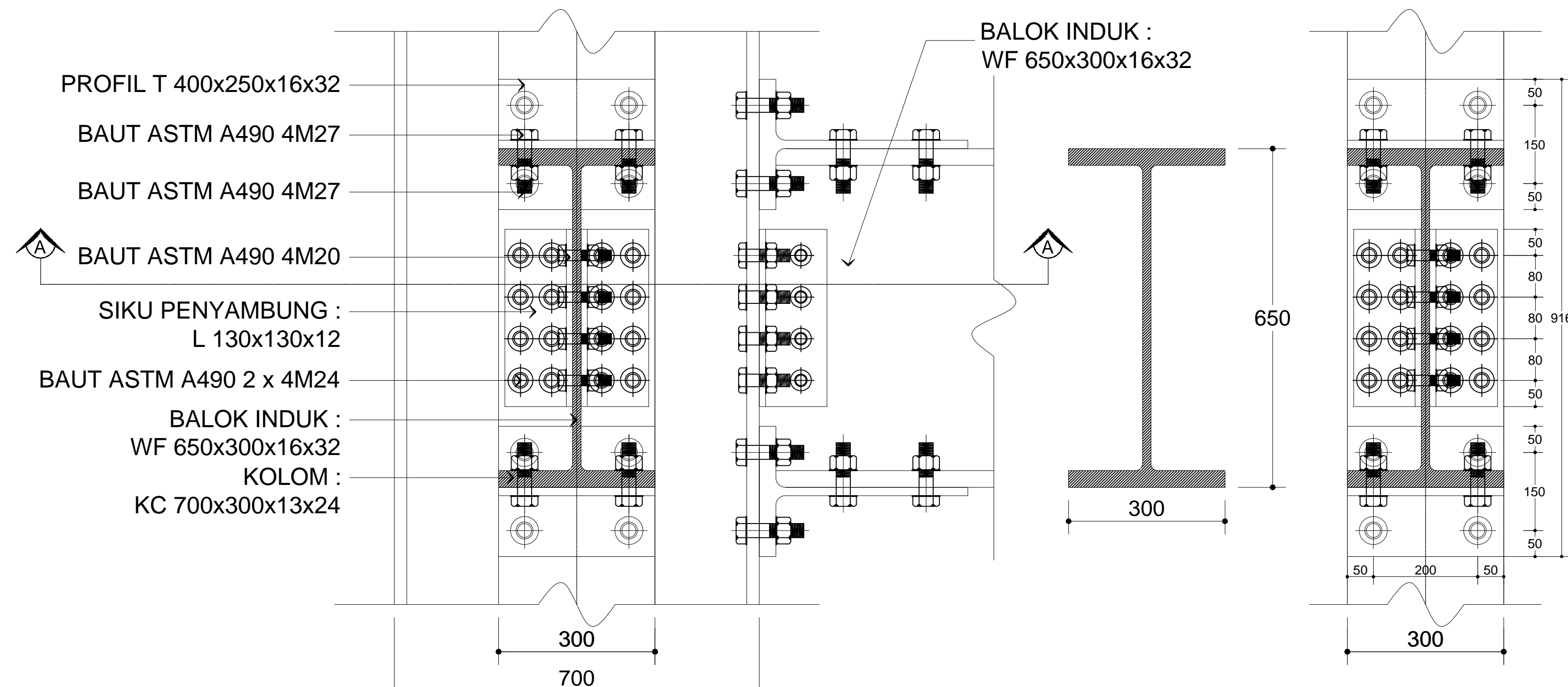
1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 7

1 : 10

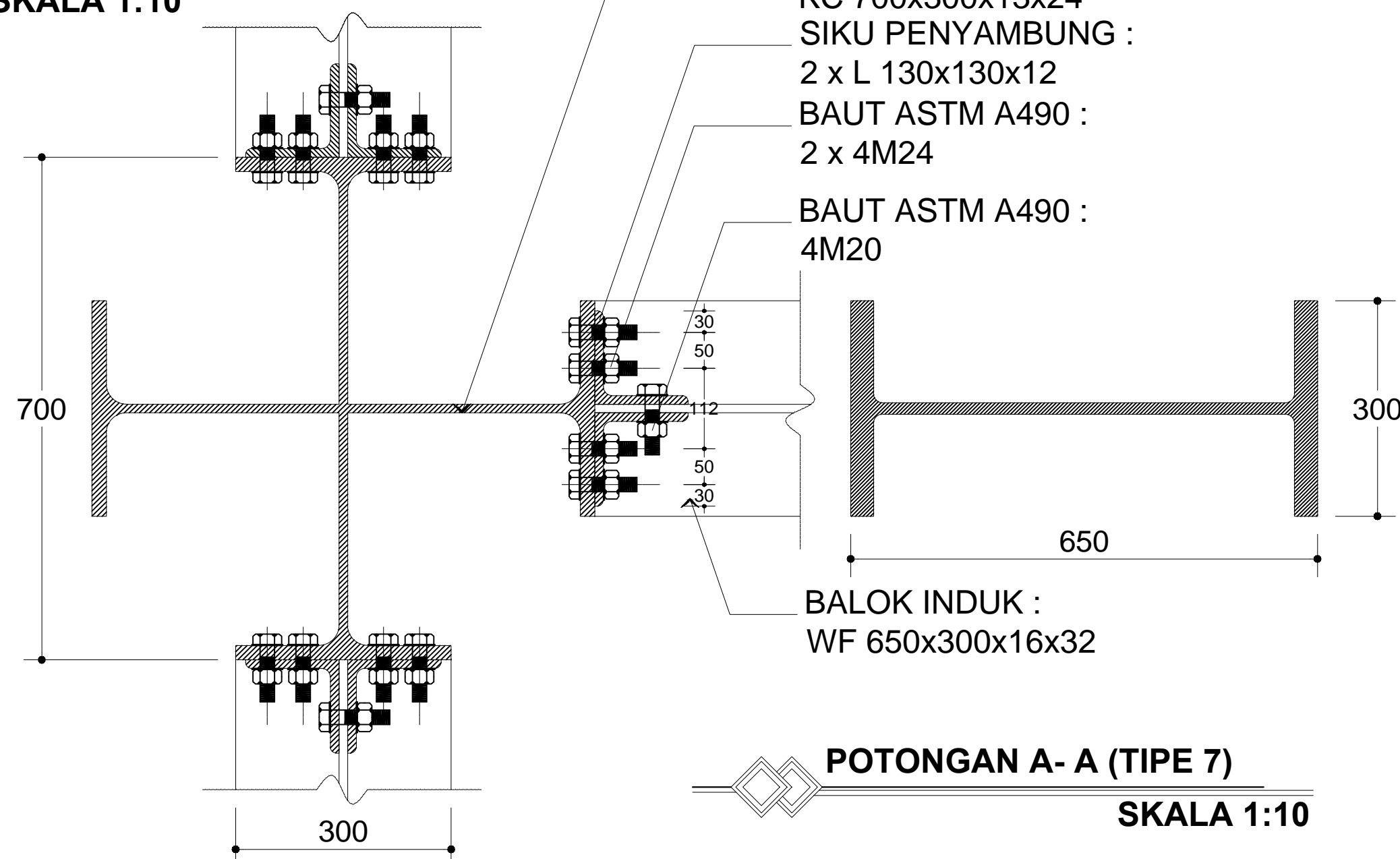
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	---------------	------------------

STR	69	86
-----	----	----



SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 7

SKALA 1:10



KOLOM :  
KC 700x300x13x24  
SIKU PENYAMBUNG :  
2 x L 130x130x12  
BAUT ASTM A490 :  
2 x 4M24

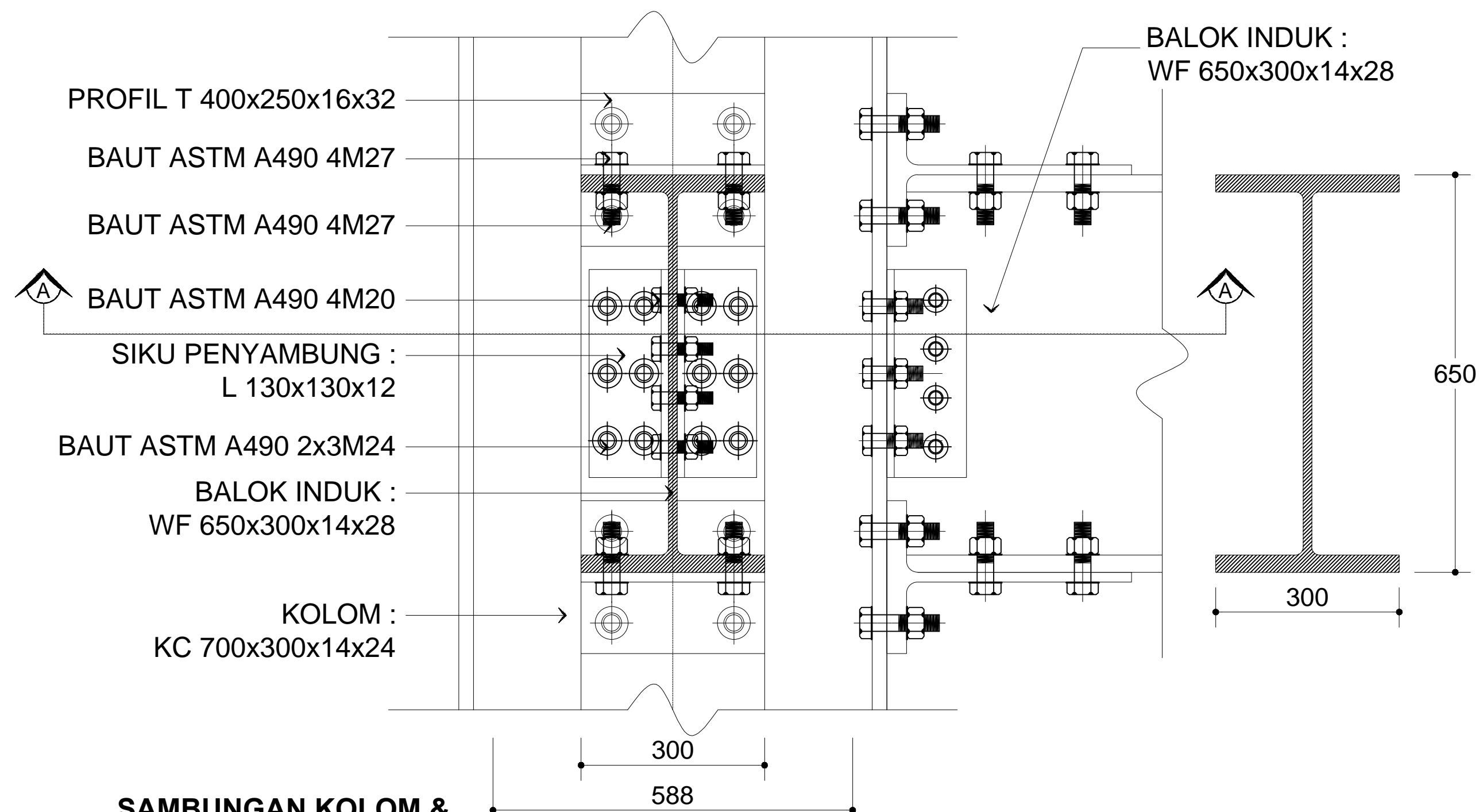
BAUT ASTM A490 :  
4M20

BALOK INDUK :  
WF 650x300x16x32

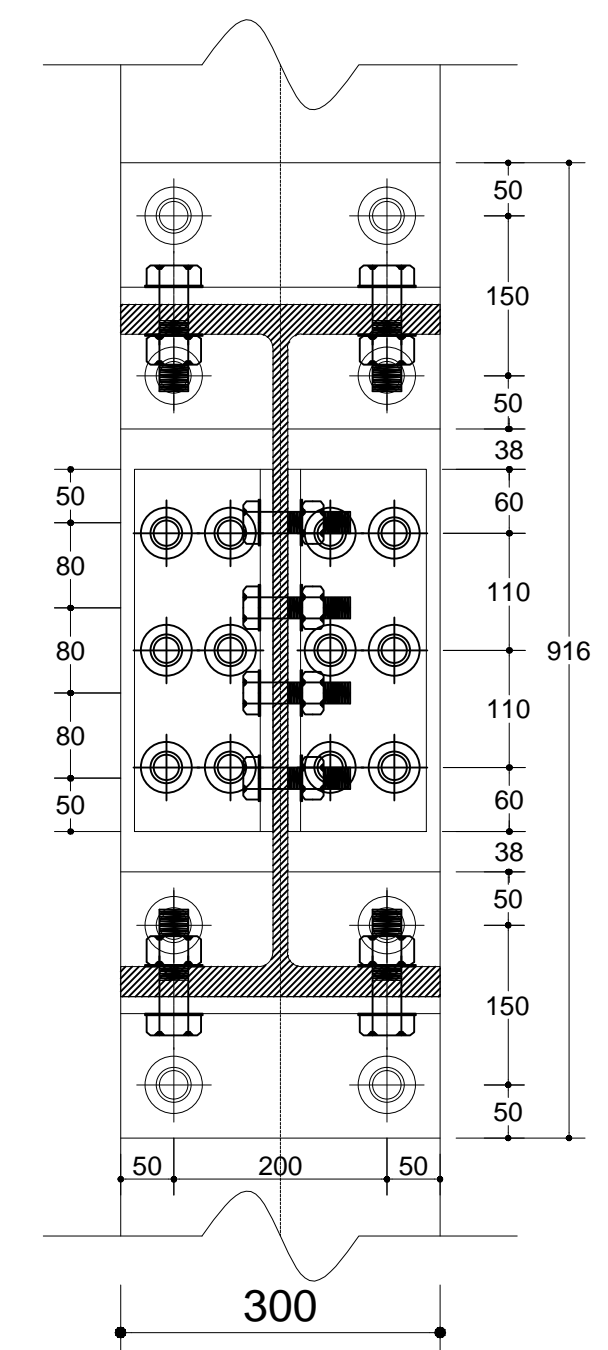
POTONGAN A - A (TIPE 7)

SKALA 1:10

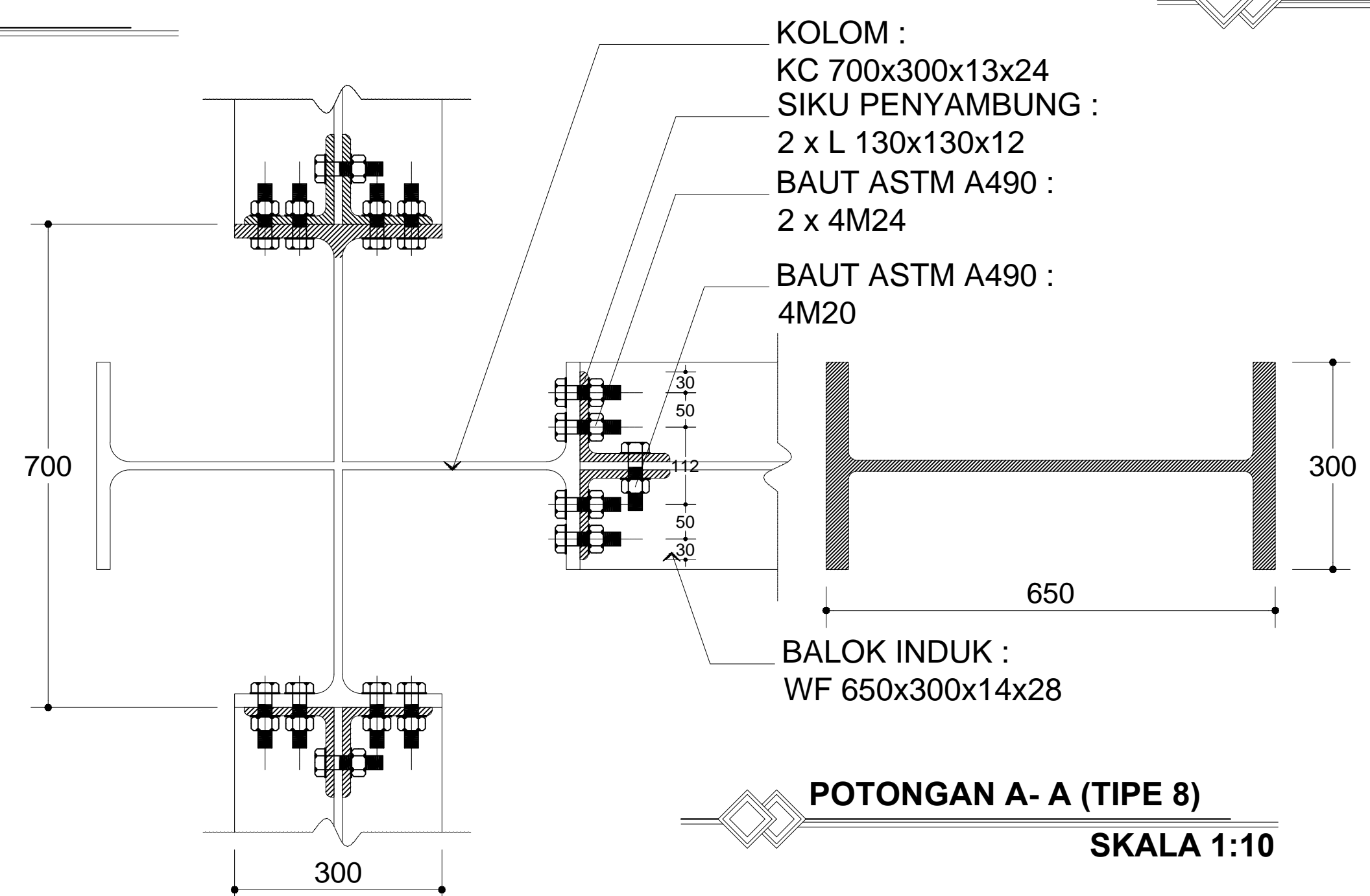




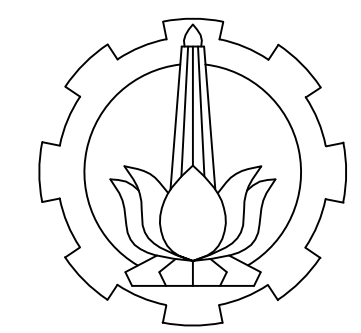
**SAMBUNGAN KOLOM & BALOK TIPE 8**



**DETAIL JARAK BOUT TIPE 8**  
**SKALA 1:10**



**POTONGAN A- A (TIPE 8)**  
**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

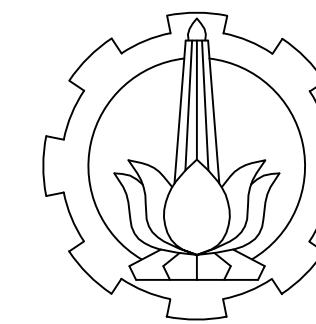
DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR		SKALA
-Sambungan Balok - Kolom Tipe 8 (H 650x300x14x28 & KC 700x300x13x24)		1 : 10
-Potongan A-A Tipe 8		1 : 10
-Detail Jarak Baut Tipe 8		1 : 10
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>70</b>	<b>86</b>



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 9 (H 500x300x16x32 &  
KC 700x300x13x24)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 9

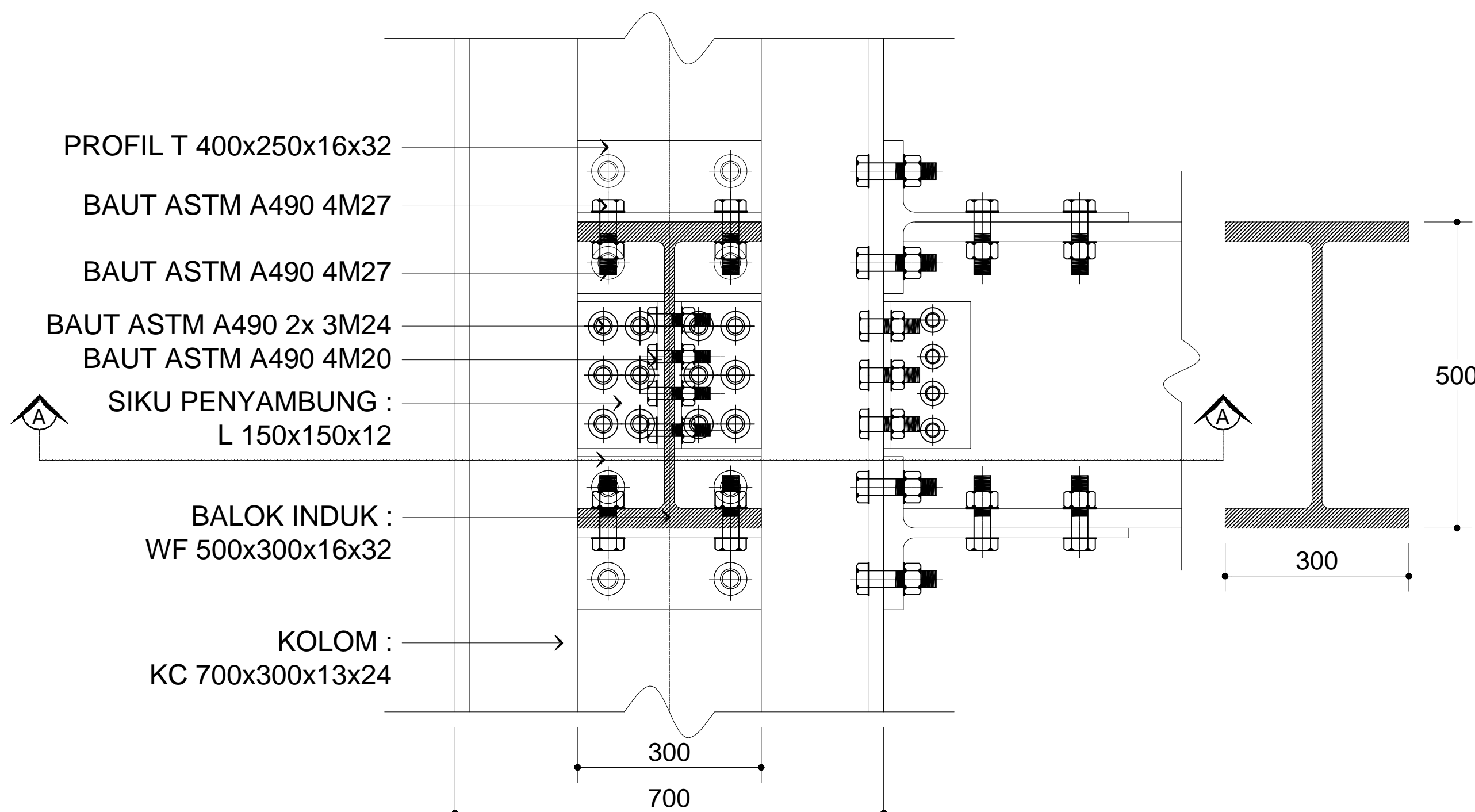
1 : 10

-Detail Jarak Baut Tipe 9

1 : 10

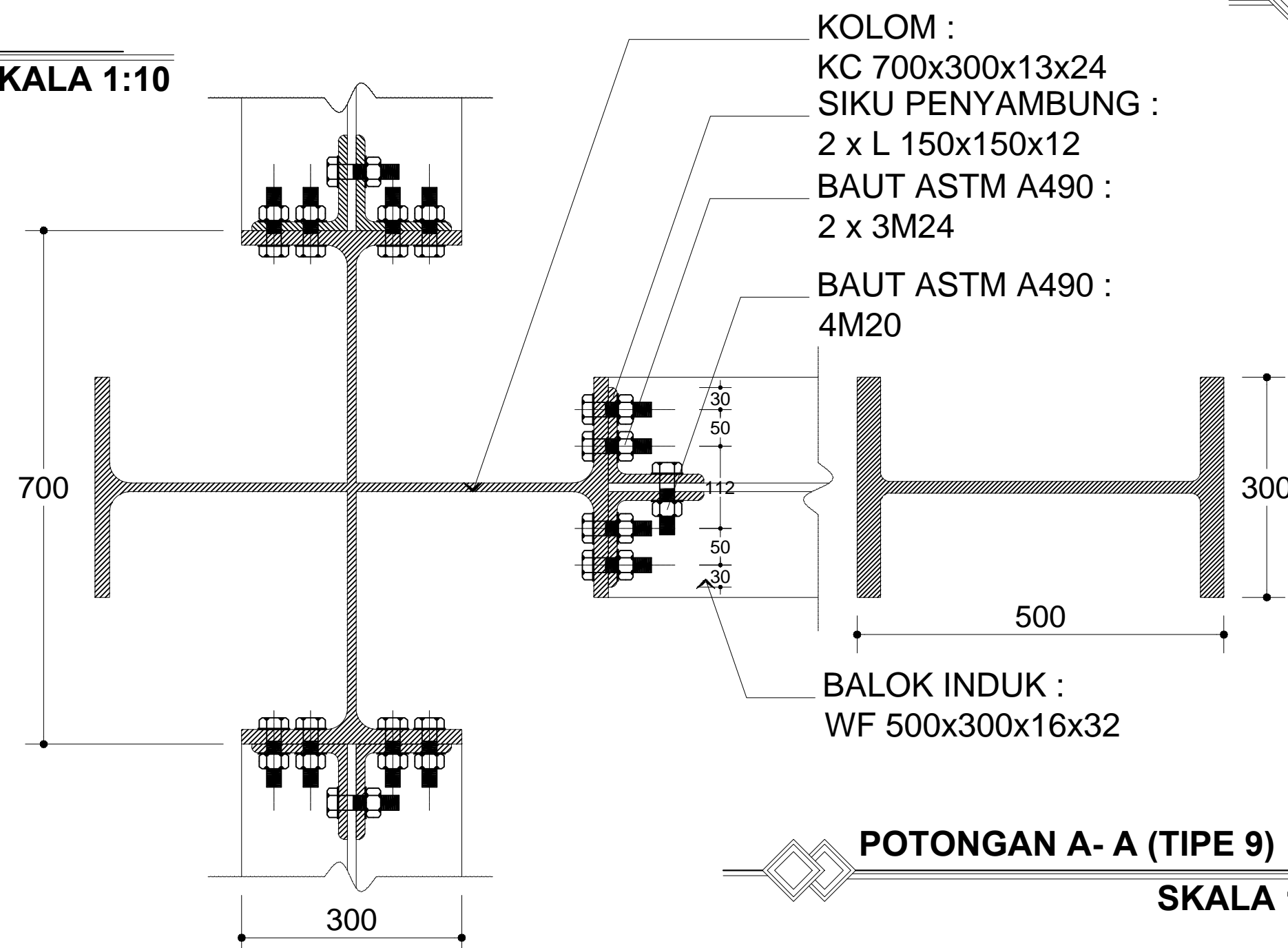
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	---------------	------------------

STR	71	86
-----	----	----



**SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 9**

SKALA 1:10

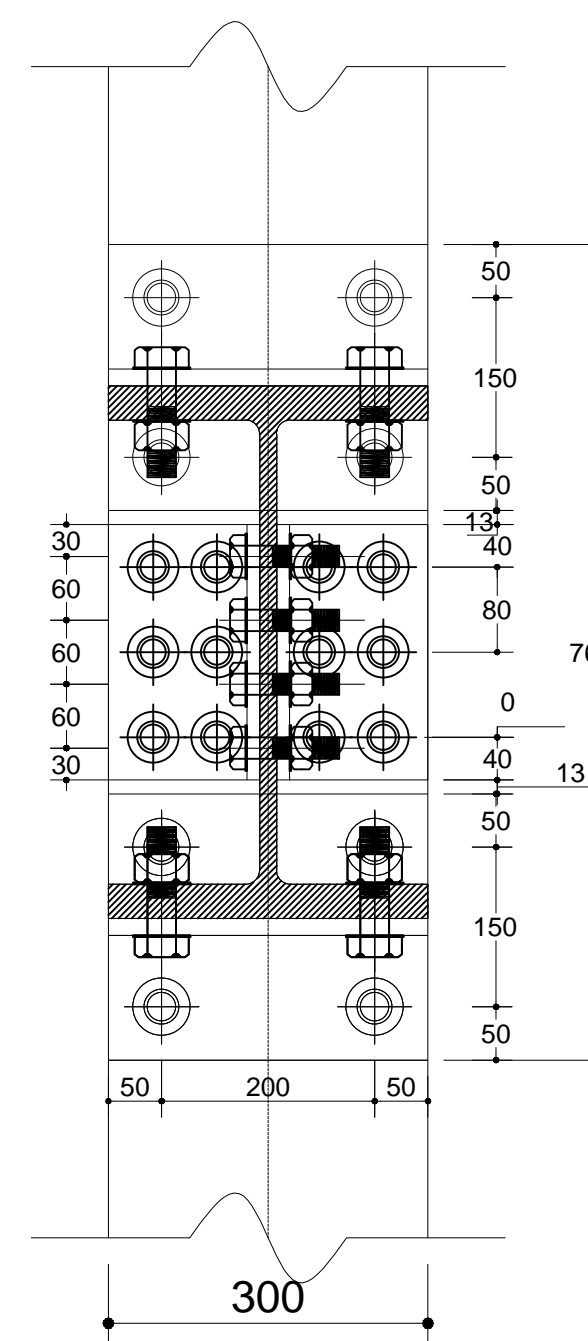


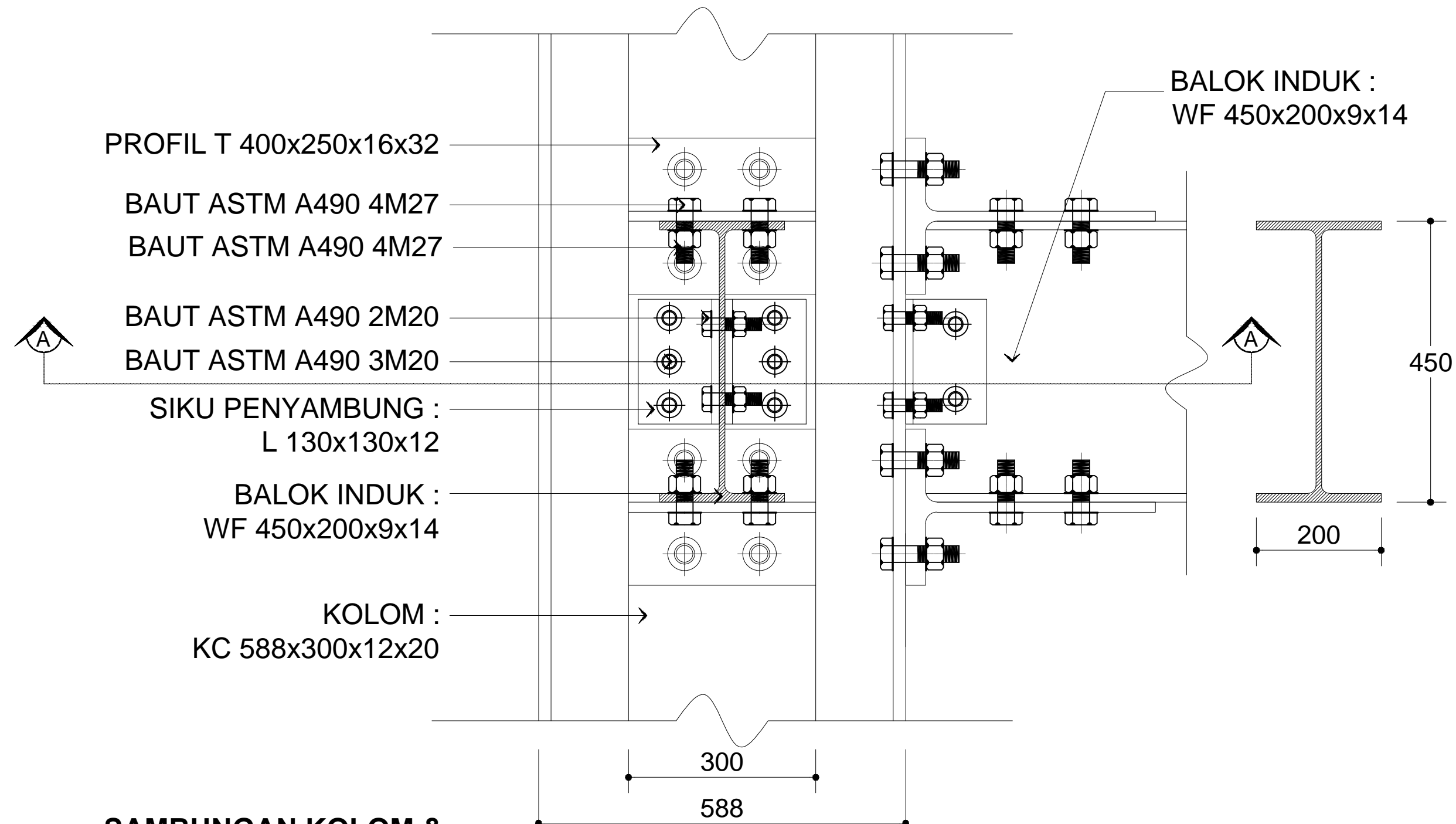
**POTONGAN A- A (TIPE 9)**

SKALA 1:10

**DETAIL JARAK BAUT TIPE 9**

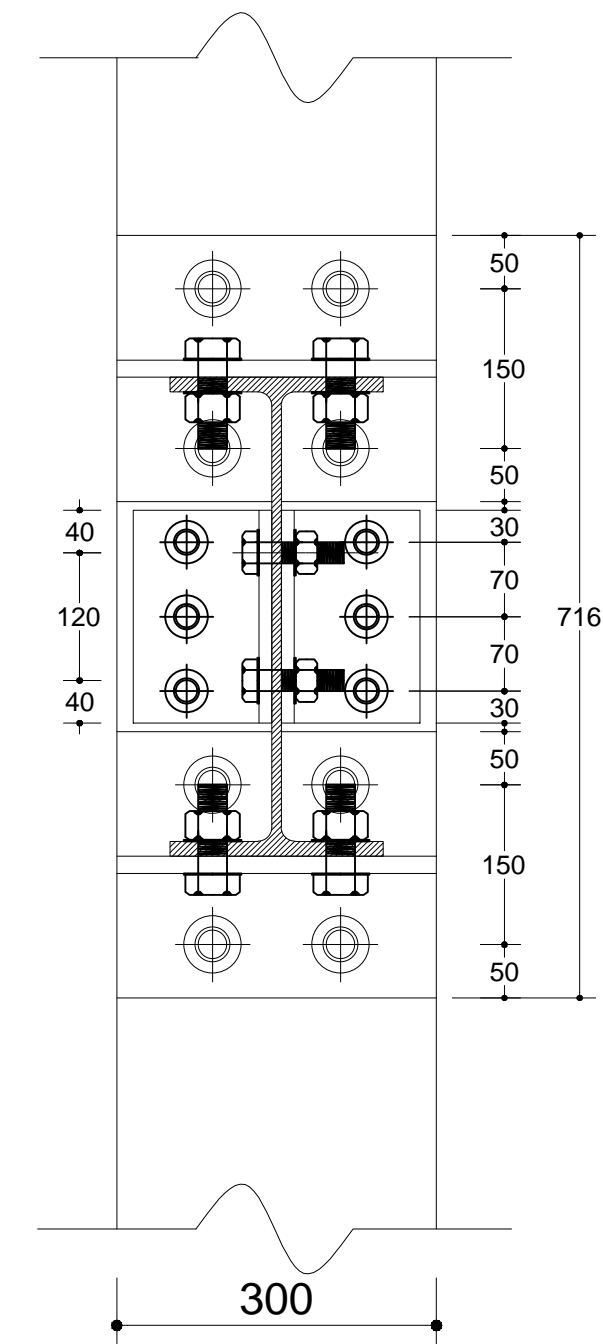
SKALA 1:10





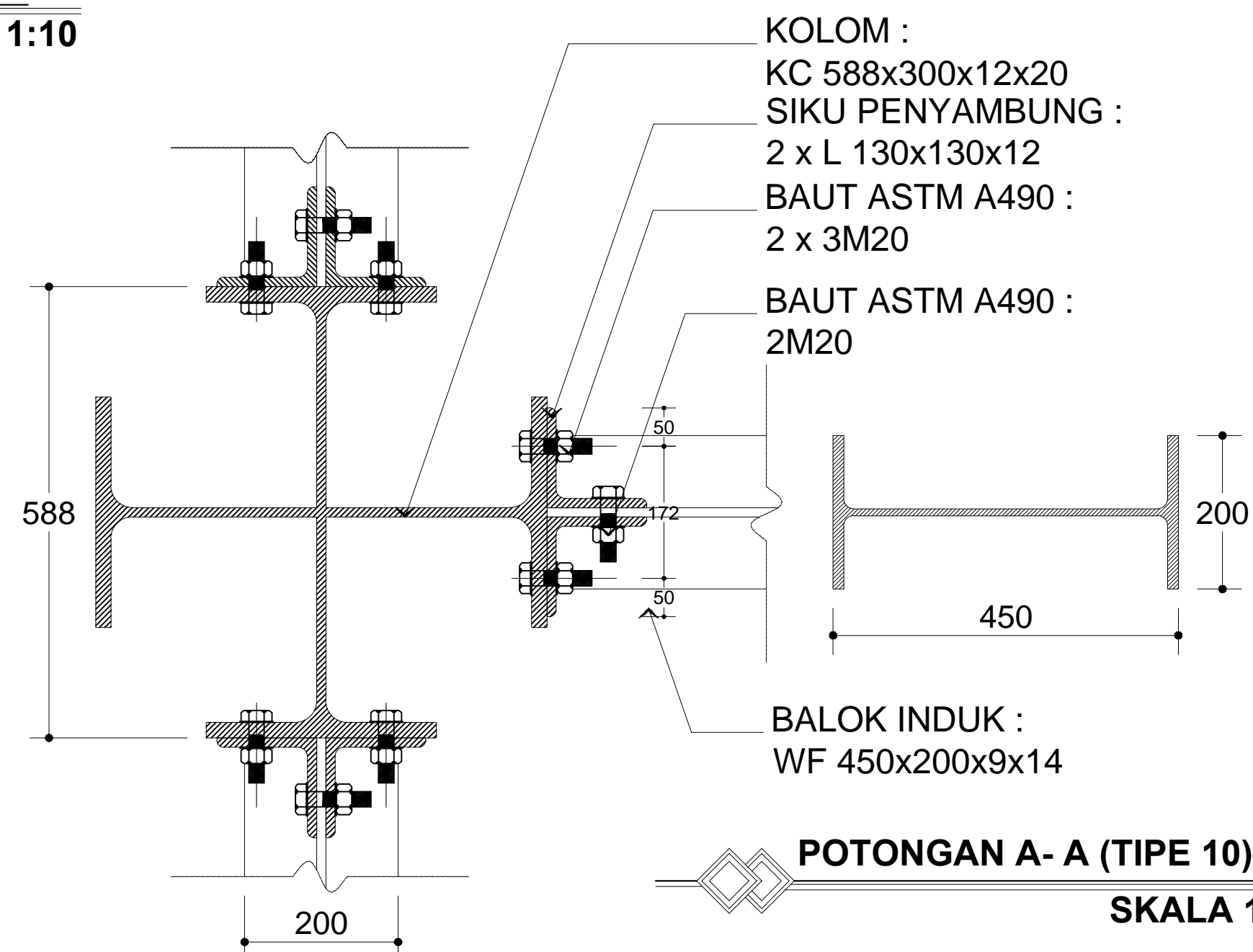
**SAMBUNGAN KOLOM &  
BALOK TIPE 10 (ATAP)**

**SKALA 1:10**



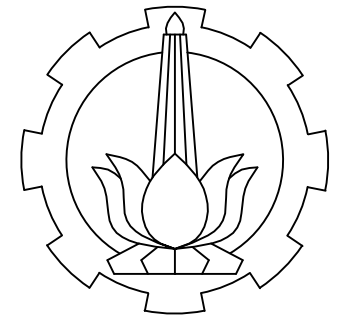
**DETAIL JARAK BAUT TIPE 10**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A- A (TIPE 10)**

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

SKALA

-Sambungan Balok - Kolom  
Tipe 10 Atap  
(WF 450x200x9x14 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 10

-Potongan A-A Tipe 10  
-Detail Jarak Baut Tipe 10

1 : 10  
1 : 10

KODE  
GAMBAR

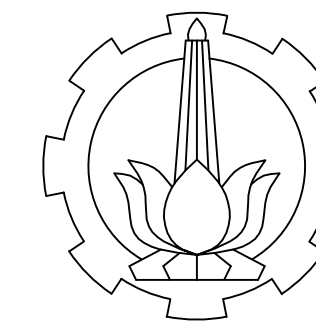
NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

**72**

**86**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

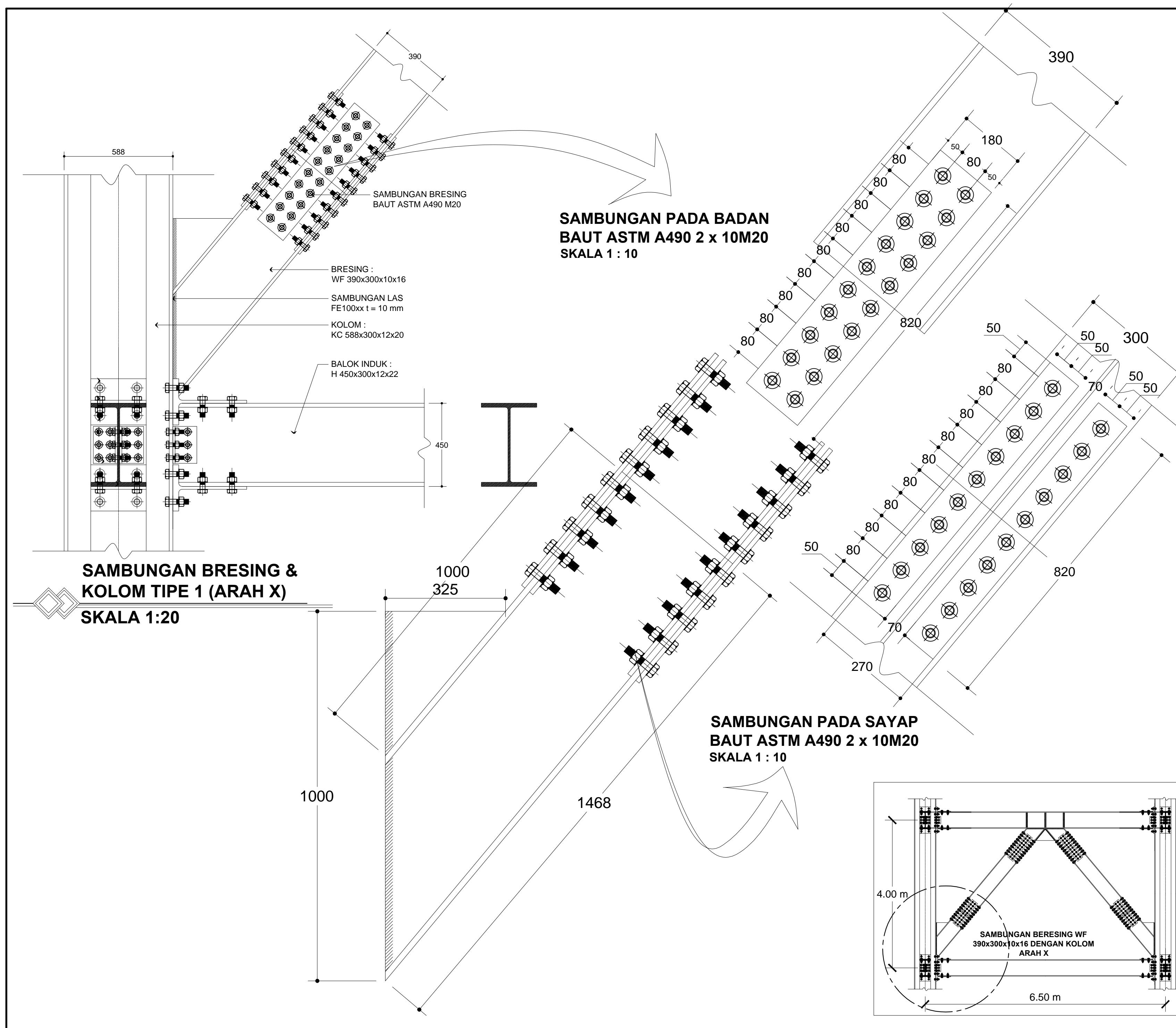
NAMA GAMBAR SKALA

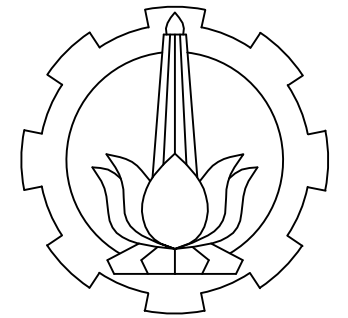
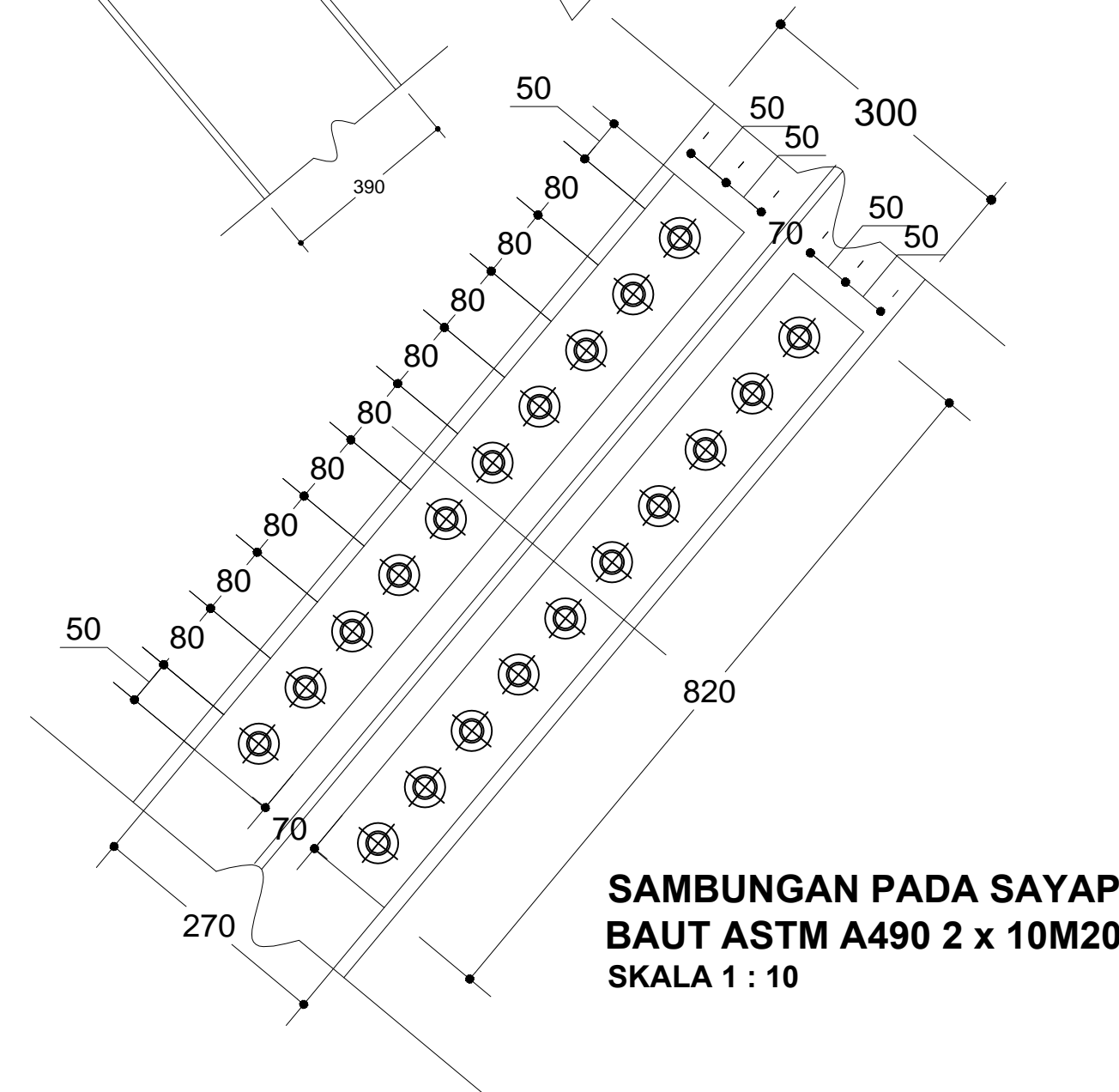
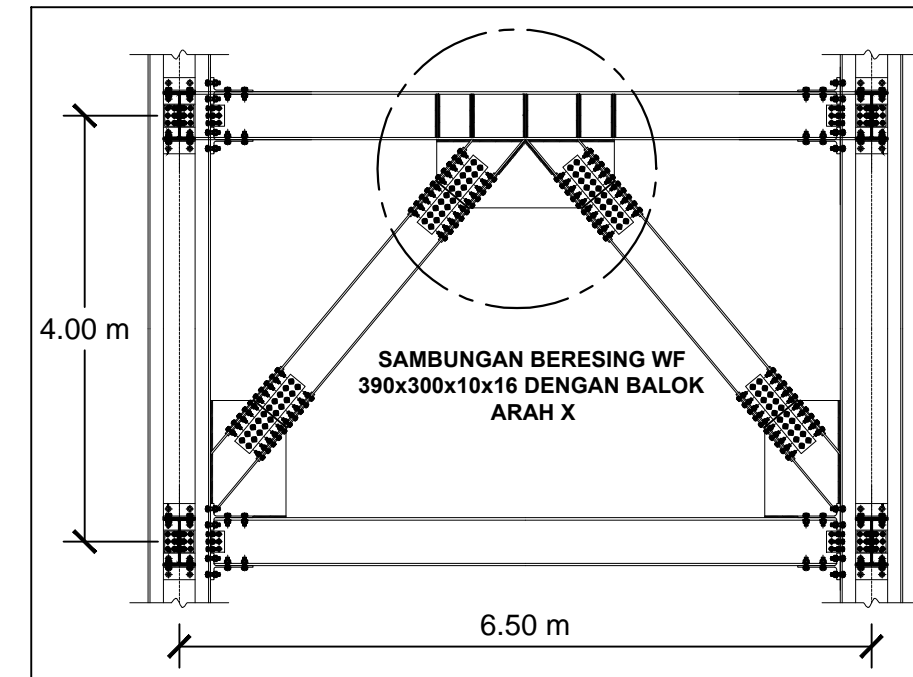
-Sambungan Bresing - Kolom  
Tipe 1 Arah X  
(WF 390x300x10x16 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
----------------	---------------	------------------

STR	73	86
-----	----	----





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

## PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

**MENGETAHUI :**

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

---

Suwarni

---

NRP. 3113041099

KETERANGAN :

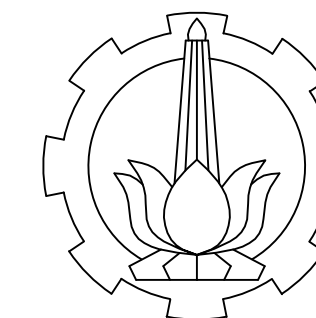
Material Profil	: JIS G3101 - SS 400
Mutu Baja	: $F_y = 250 \text{ MPa}$
Mutu Baut	: A490, $F_u = 113 \text{ Ksi}$
Mutu Las	: FE100xx, $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$
Mutu Beton	: - Plat ( $F'_c = 30 \text{ MPa}$ ) - Pondasi ( $F'_c = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR.	SKALA
--------------	-------

-Sambungan Bresing - Balok  
Tipe 1 Arah X  
(WF 390x300x10x16 &  
H 450x300x12x22)

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

<b>STR</b>	<b>74</b>	<b>86</b>
------------	-----------	-----------



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

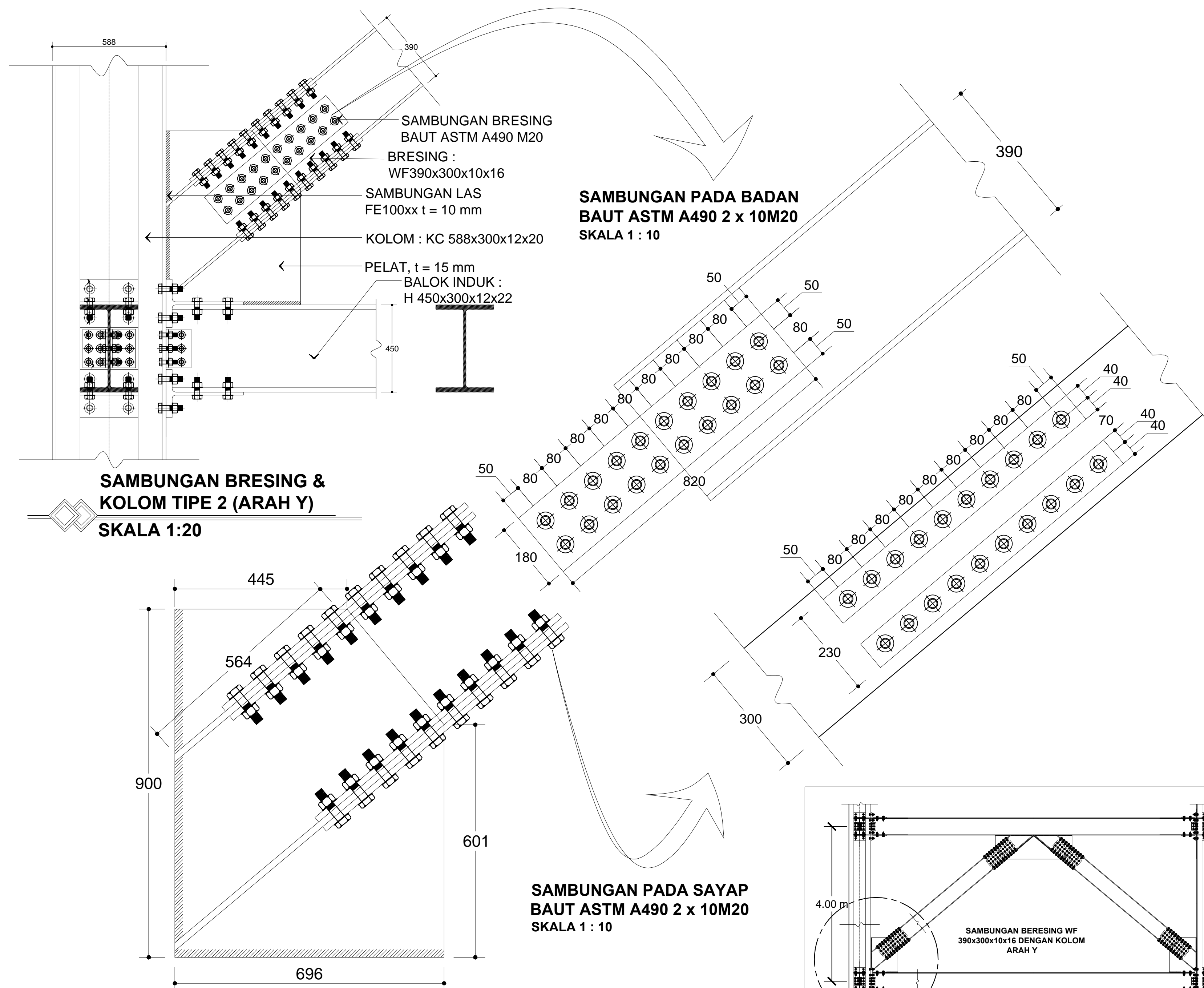
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

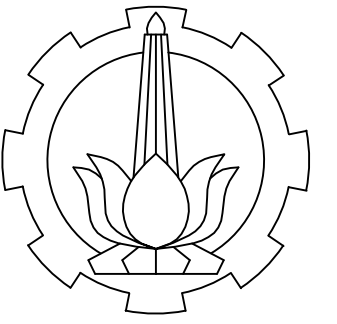
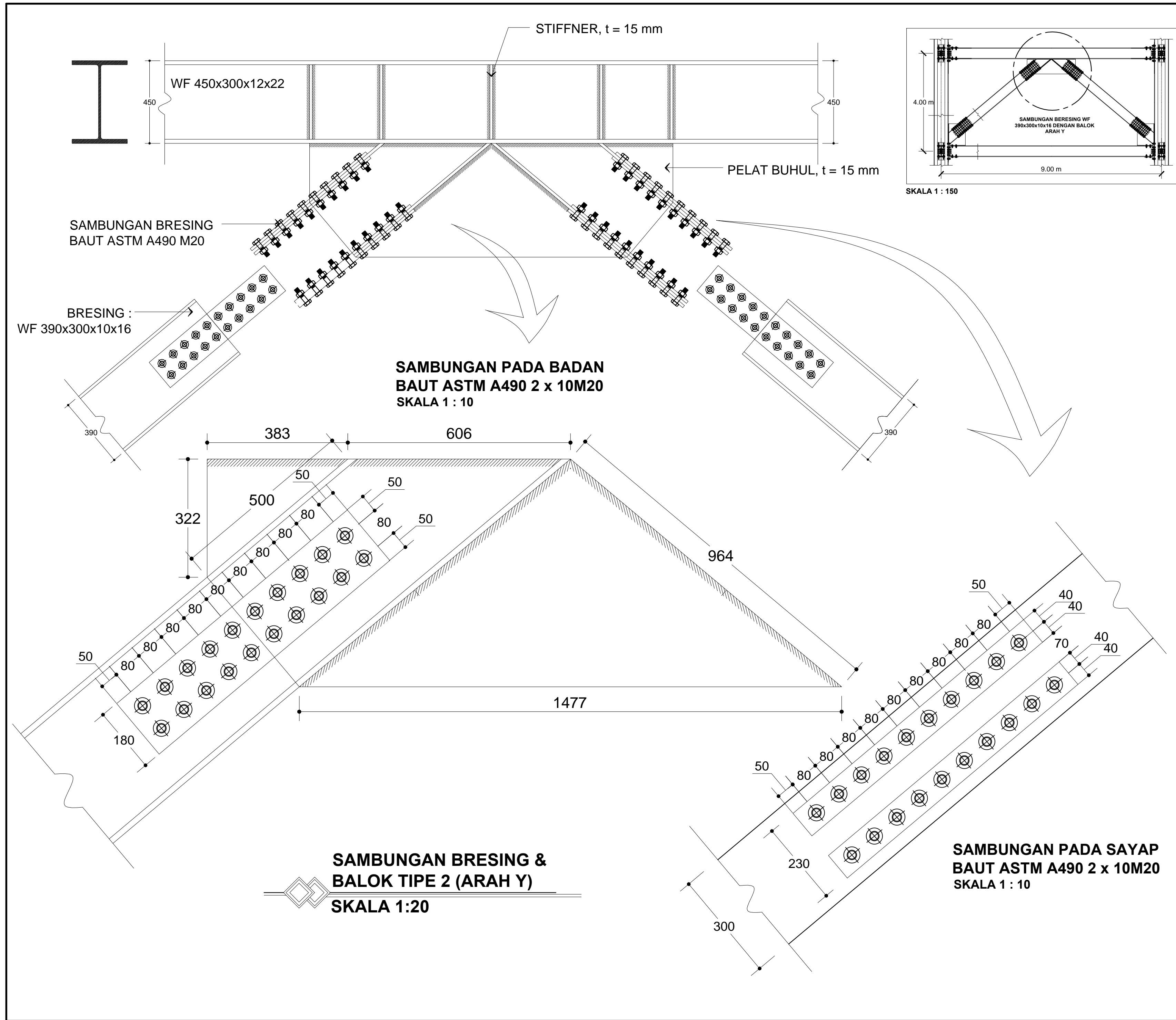
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Bresing - Kolom Tipe 2 Arah Y (WF 390x300x10x16 & KC 588x300x12x20)	1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	75	86







PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :  
PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :  
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :  
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I  
  
\_\_\_\_\_

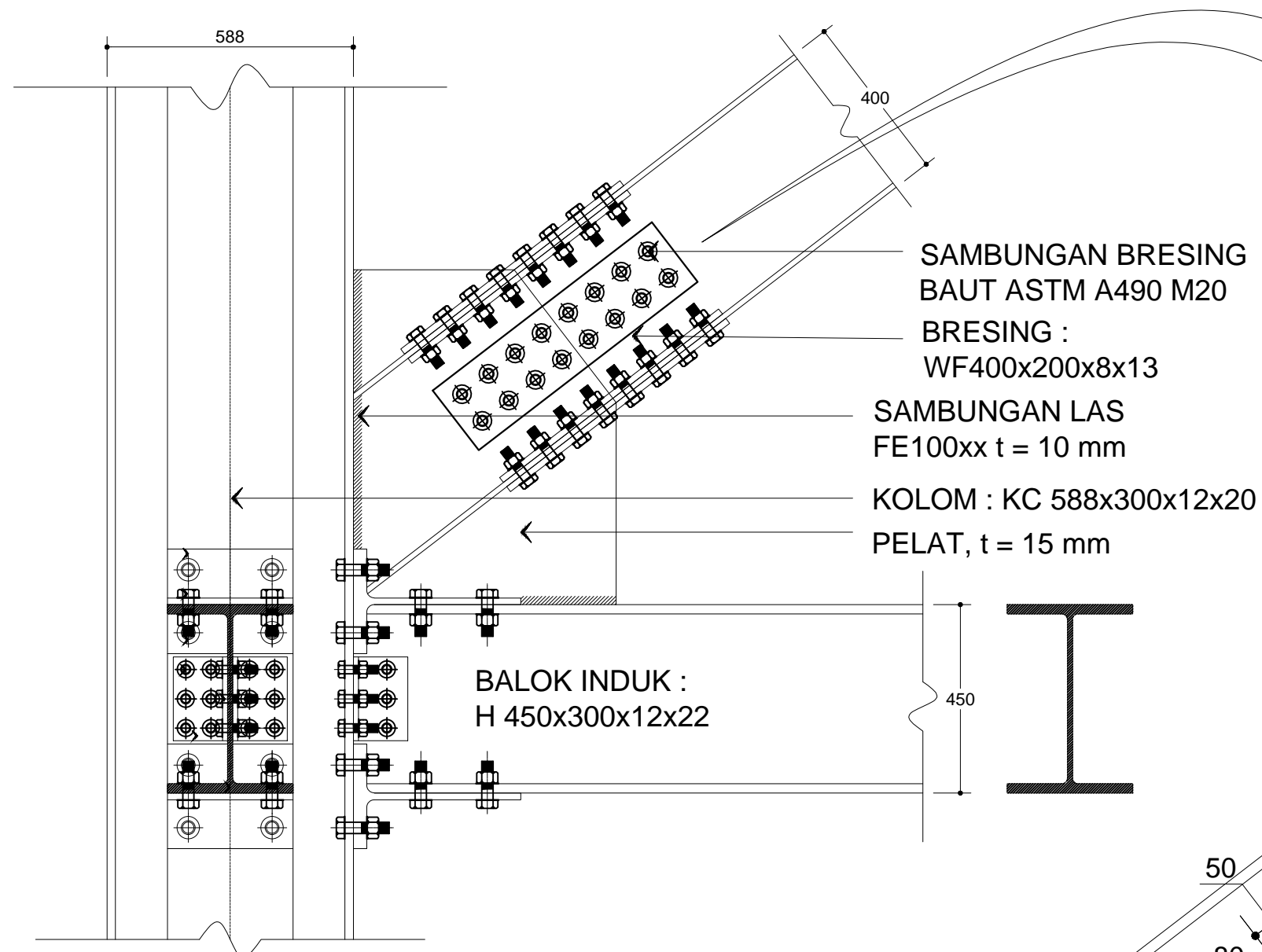
DOSEN PENGUJI II  
  
\_\_\_\_\_

DIGAMBAR OLEH :  
Suwarni  
NRP. 3113041099

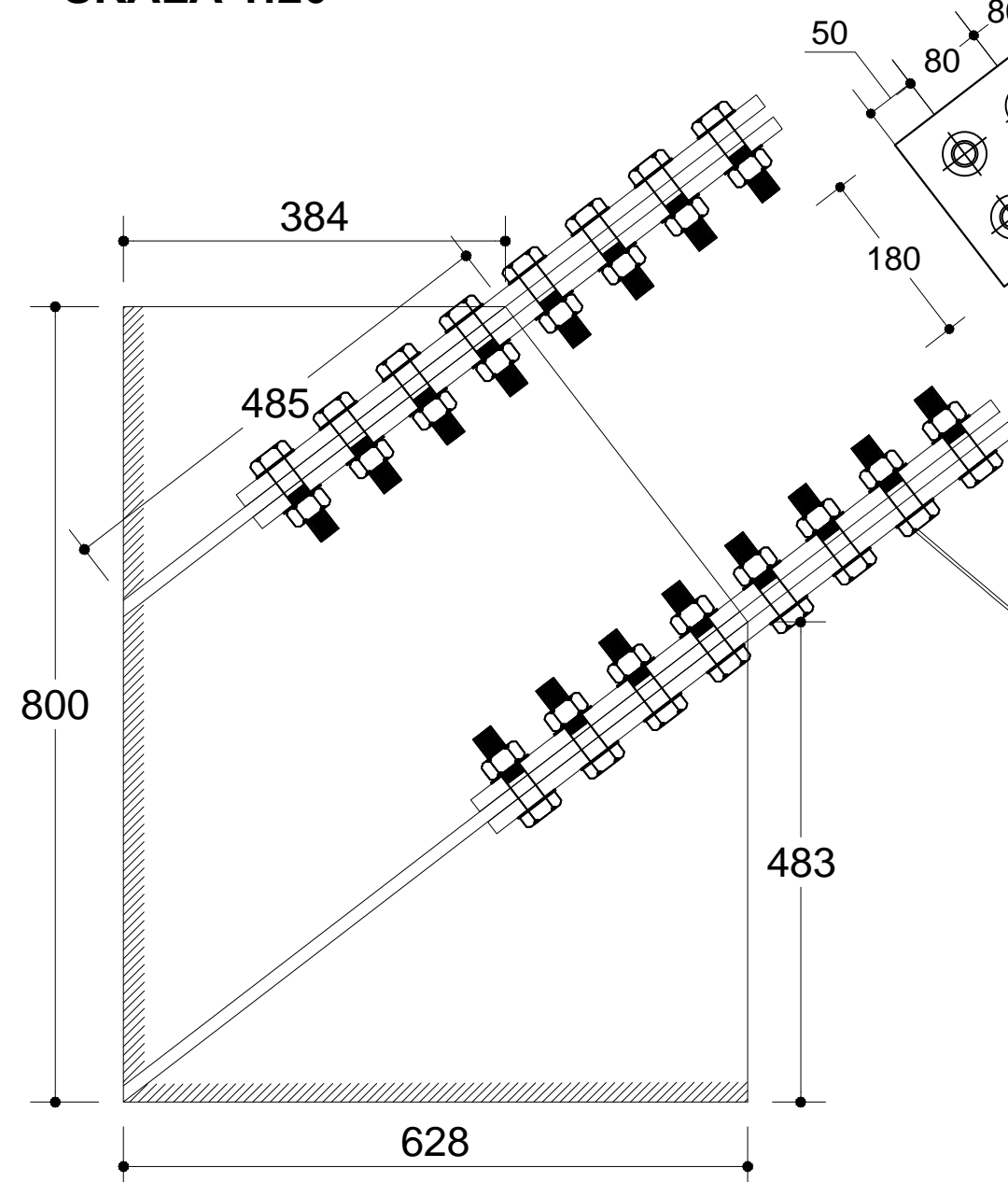
KETERANGAN :  
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Bresing - Balok Tipe 2 Arah Y (WF 390x300x10x16 & H 450x300x12x22)	1 : 20

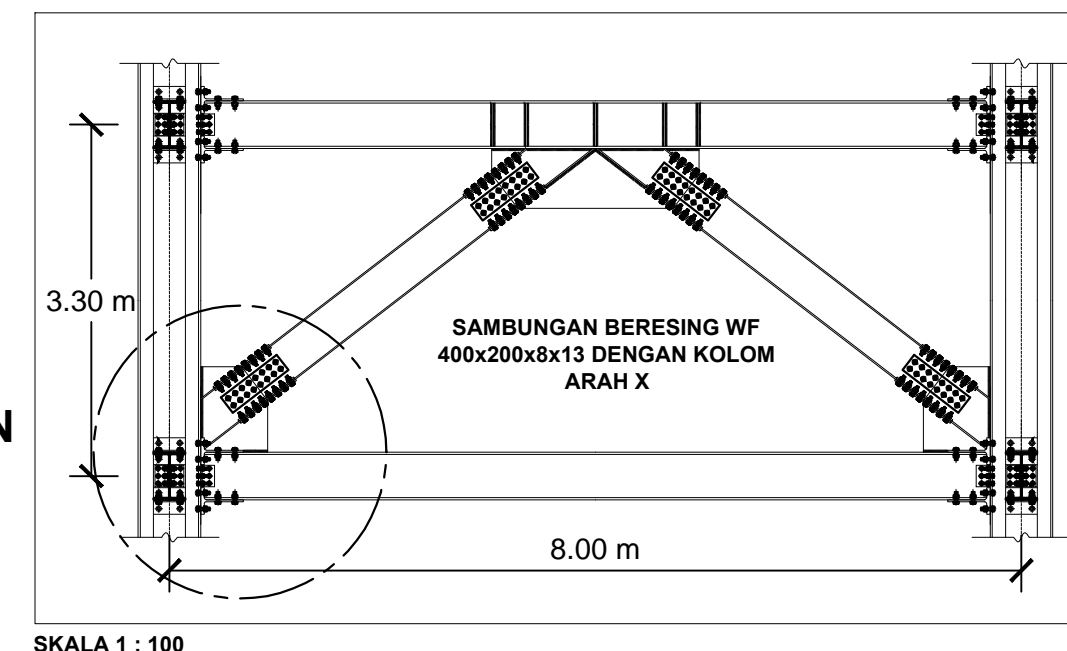
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	76	86



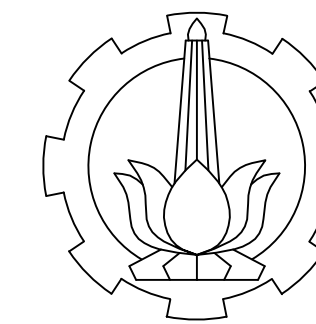
**SAMBUNGAN BRESING &  
KOLOM TIPE 3 (ARAH X)**  
SKALA 1:20



**SAMBUNGAN PADA BADAN  
BAUT ASTM A490 2 x 8M20**  
SKALA 1 : 10



**SAMBUNGAN PADA SAYAP  
BAUT ASTM A490 2 x 8M20**  
SKALA 1 : 10



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR SKALA

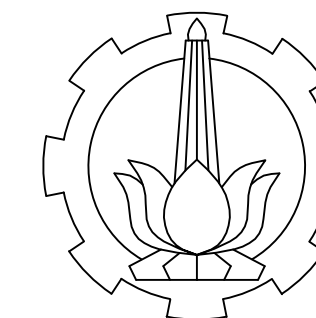
-Sambungan BRESING - Kolom  
Tipe 3 Arah X  
(WF 400x200x9x13 &  
KC 588x300x12x20)

1 : 20

KODE GAMBAR NO. LEMBAR JUMLAH GAMBAR

**STR 77 86**





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

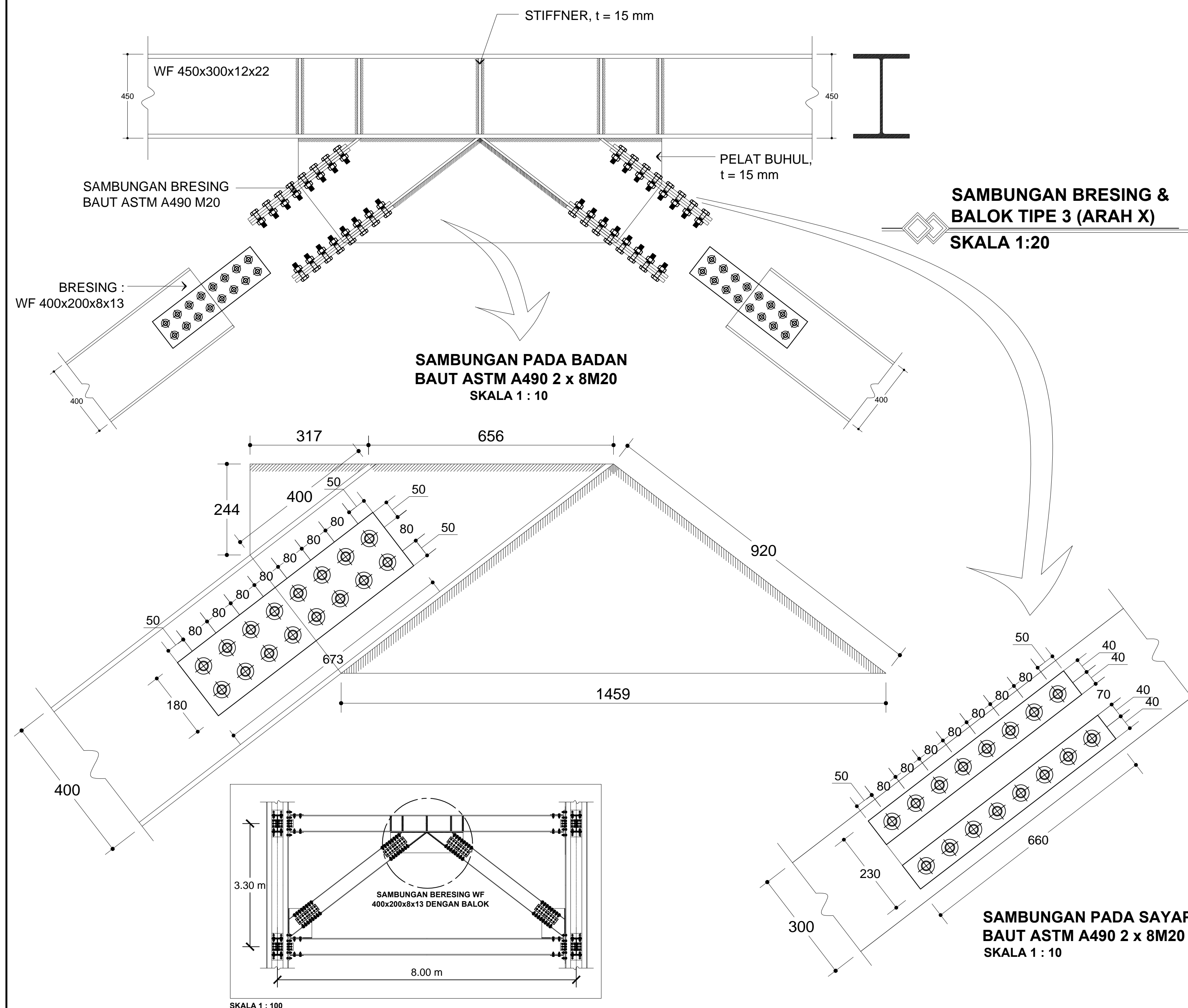
KETERANGAN :

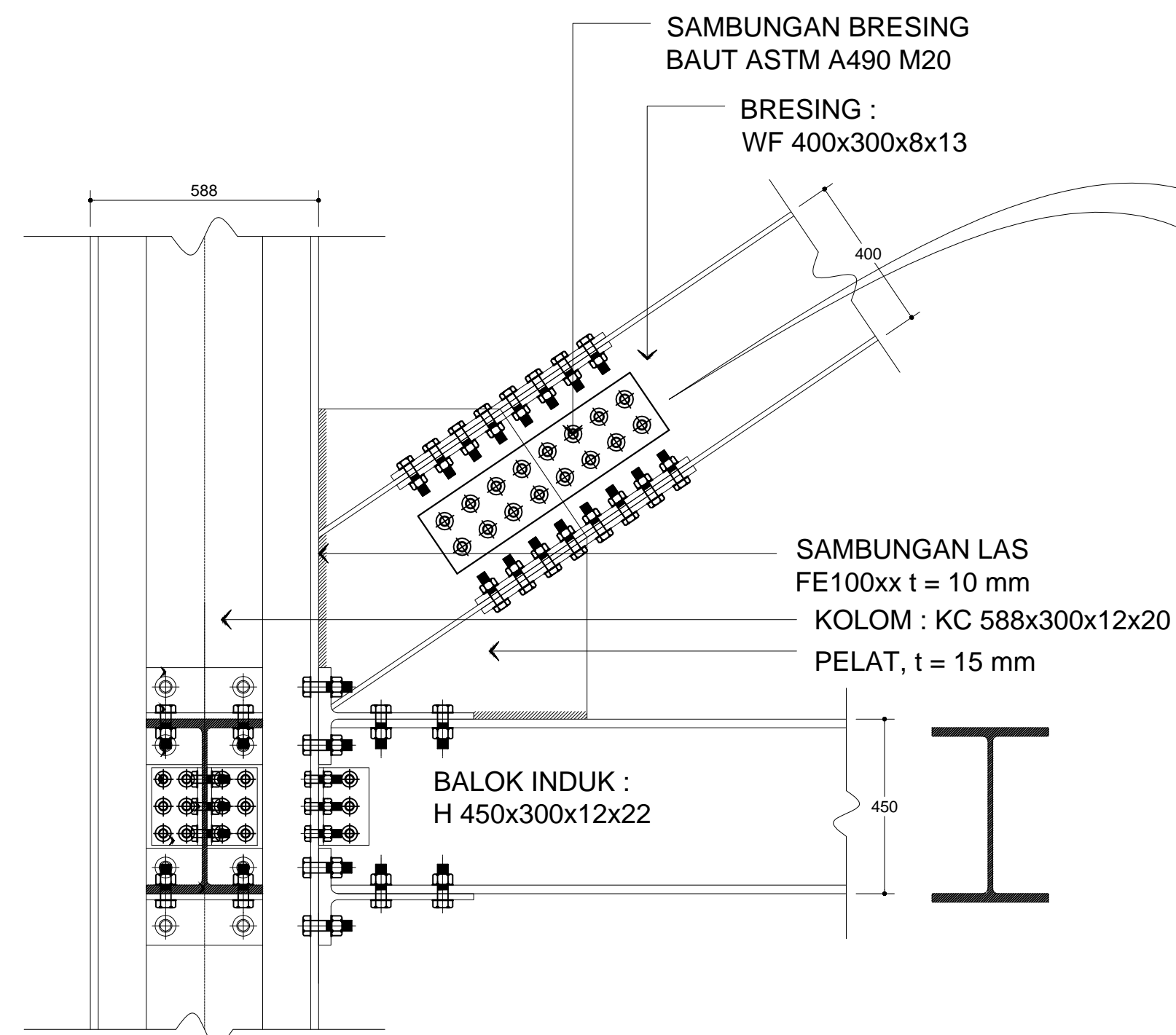
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Bresing - Balok Tipe 3 Arah X (WF 400x200x8x13 & H 450x300x12x22)	1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

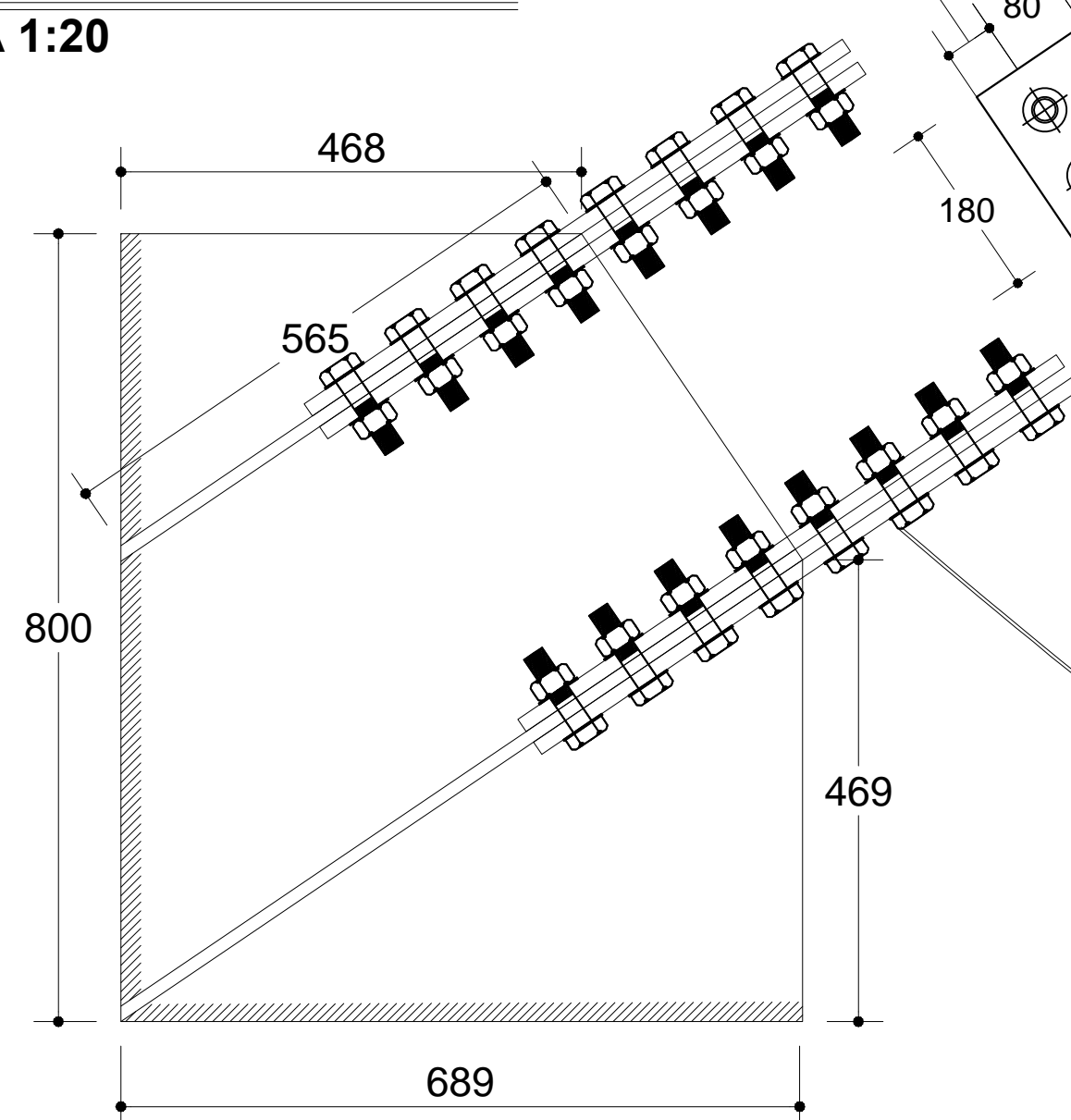
STR	78	86
-----	----	----





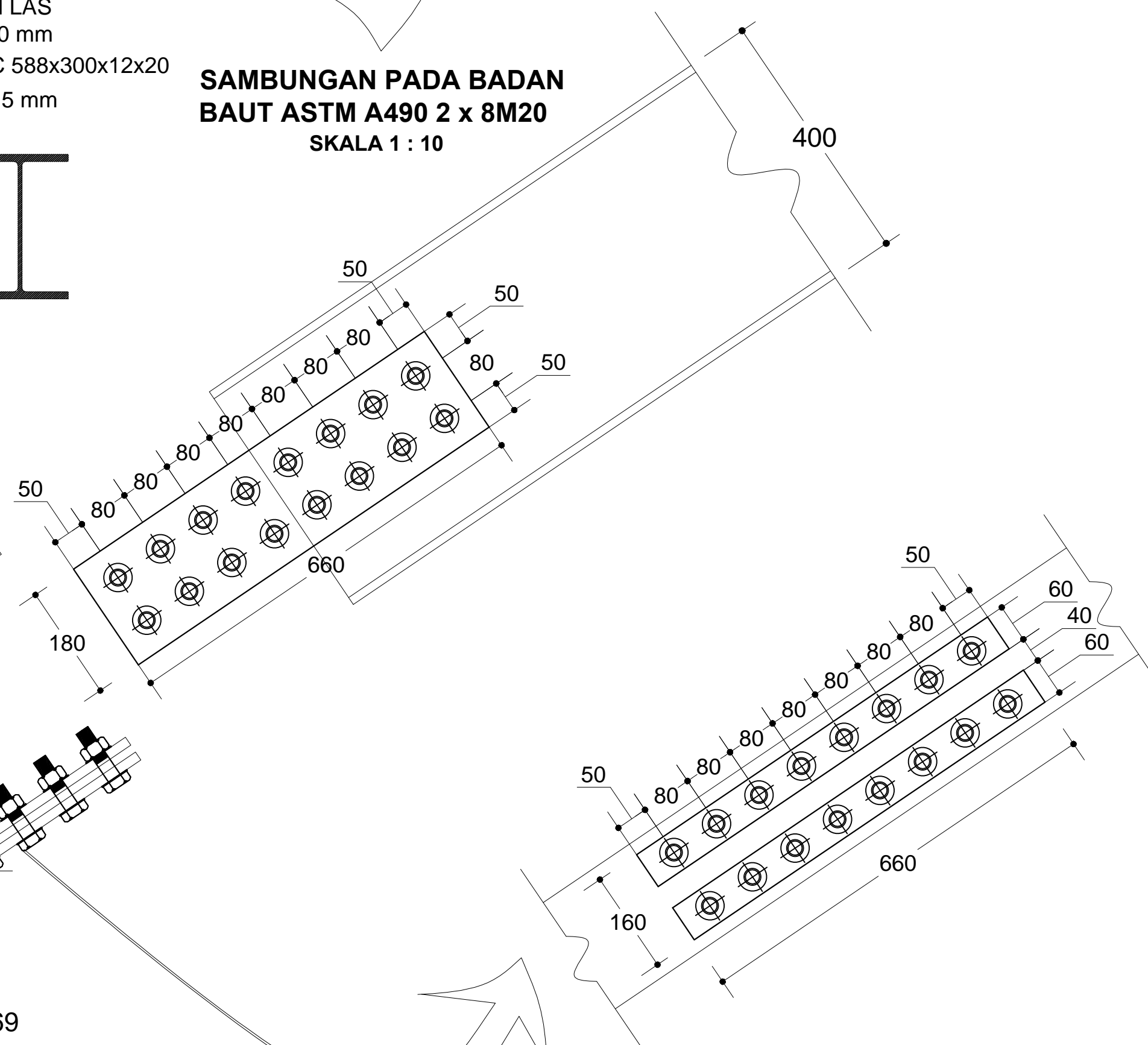
**SAMBUNGAN BRESING & KOLOM TIPE 4 (ARAH Y)**

**SKALA 1:20**



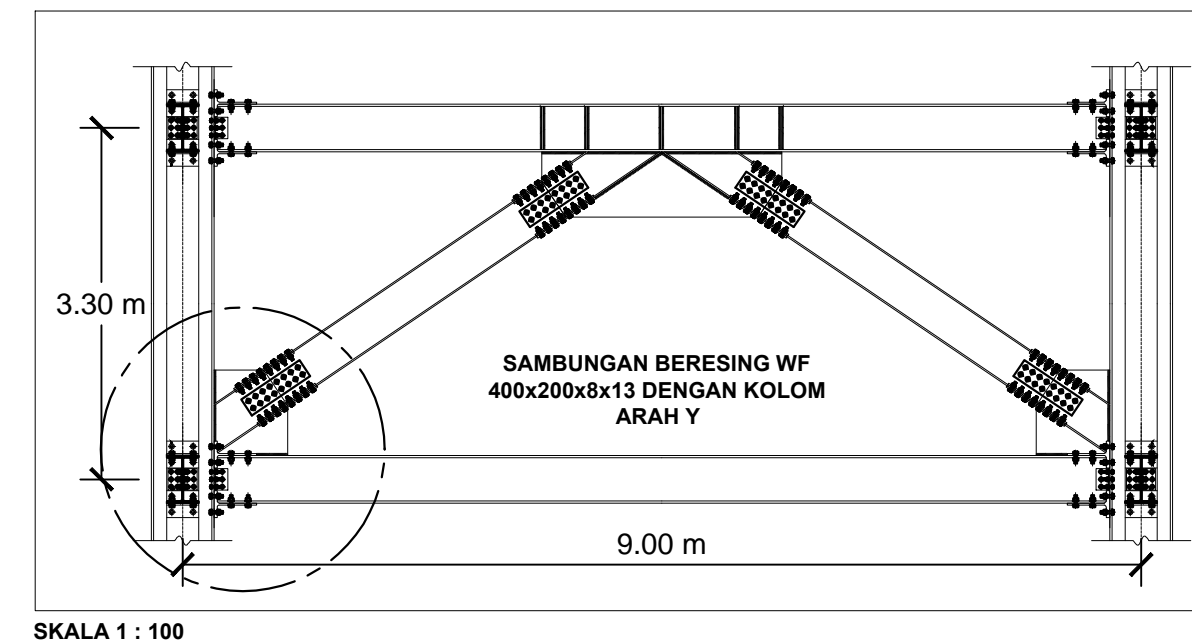
**SAMBUNGAN PADA BADAN BAUT ASTM A490 2 x 8M20**

**SKALA 1 : 10**

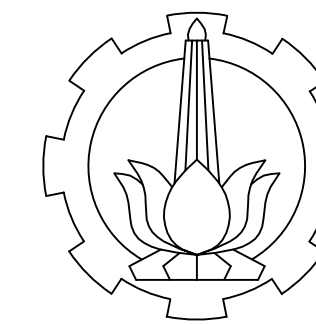


**SAMBUNGAN PADA SAYAP BAUT ASTM A490 2 x 8M20**

**SKALA 1 : 10**



**SKALA 1 : 100**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{E_{xx}} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Sambungan Bresing - Kolom  
Tipe 4 Arah Y  
(WF 400x200x9x13 &  
KC 588x300x12x20)

SKALA

1 : 20

KODE  
GAMBAR

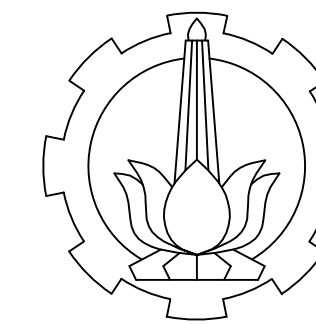
NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

**79**

**86**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

SKALA

-Sambungan Bresing - Balok  
Tipe 4 Arah Y  
(WF 400x200x9x13 &  
H 450x300x12x22)

1 : 20

KODE  
GAMBAR

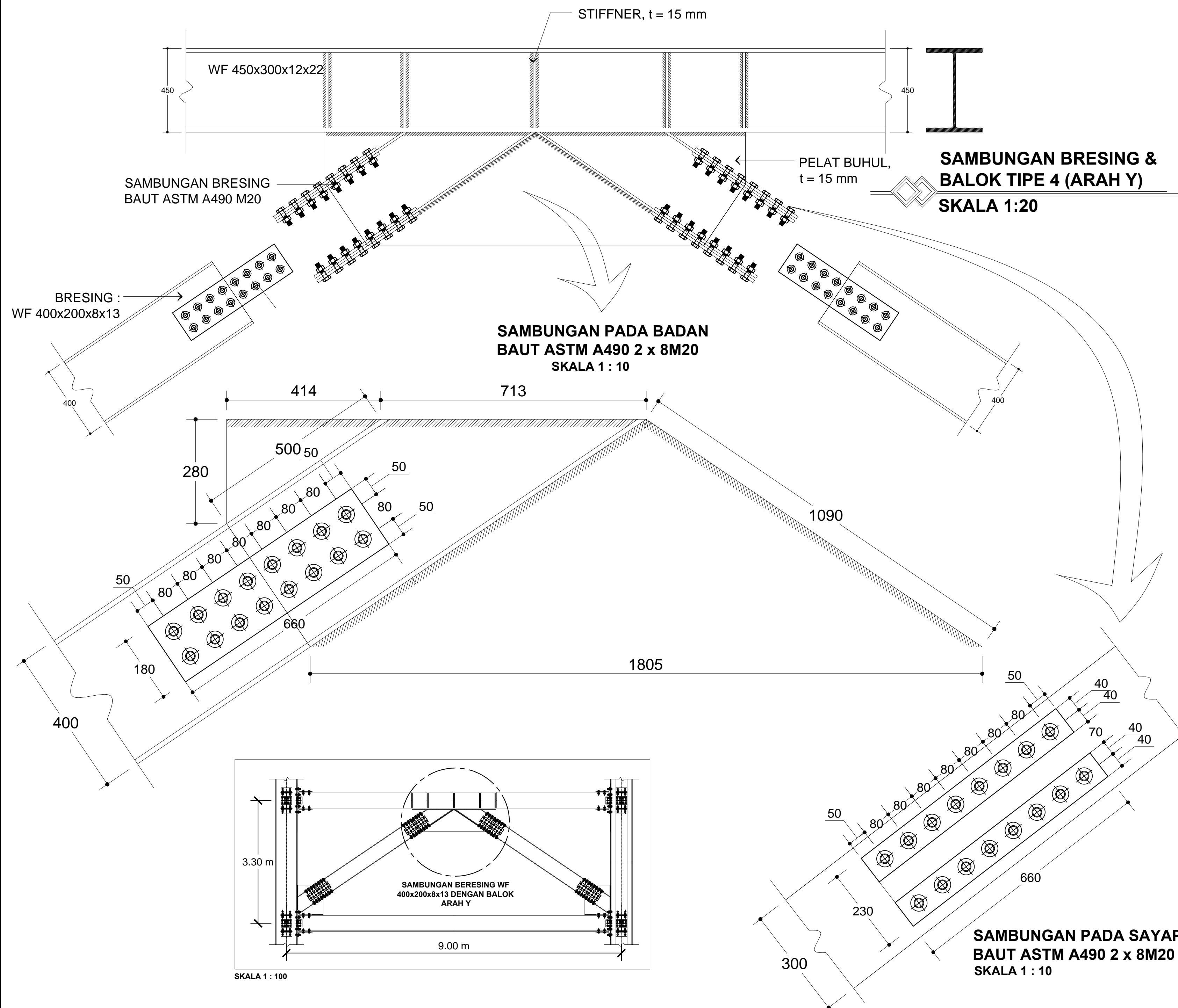
NO.  
LEMBAR

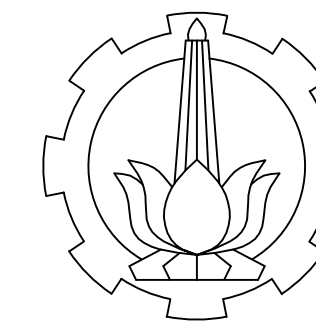
JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

**80**

**86**





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

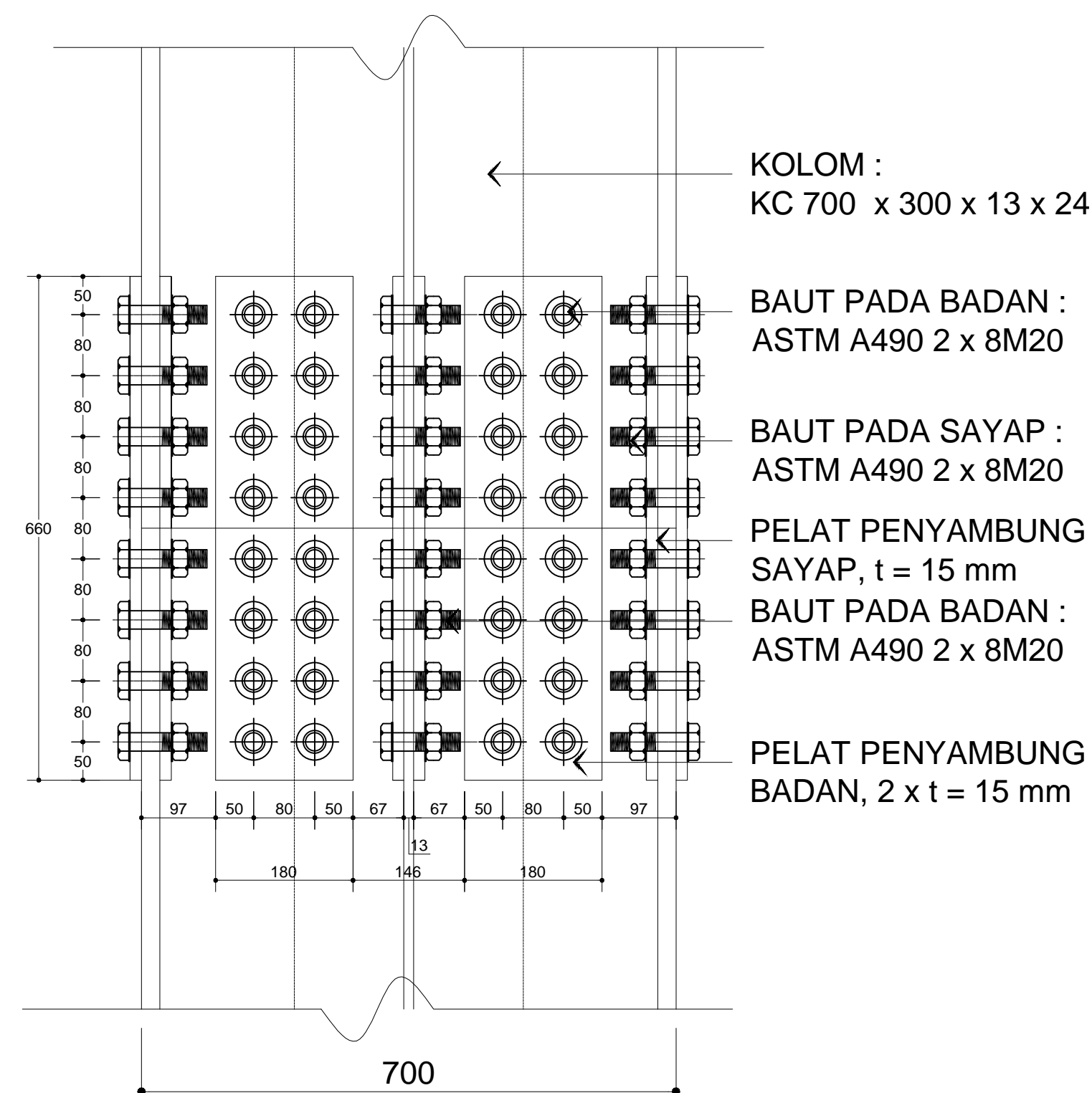
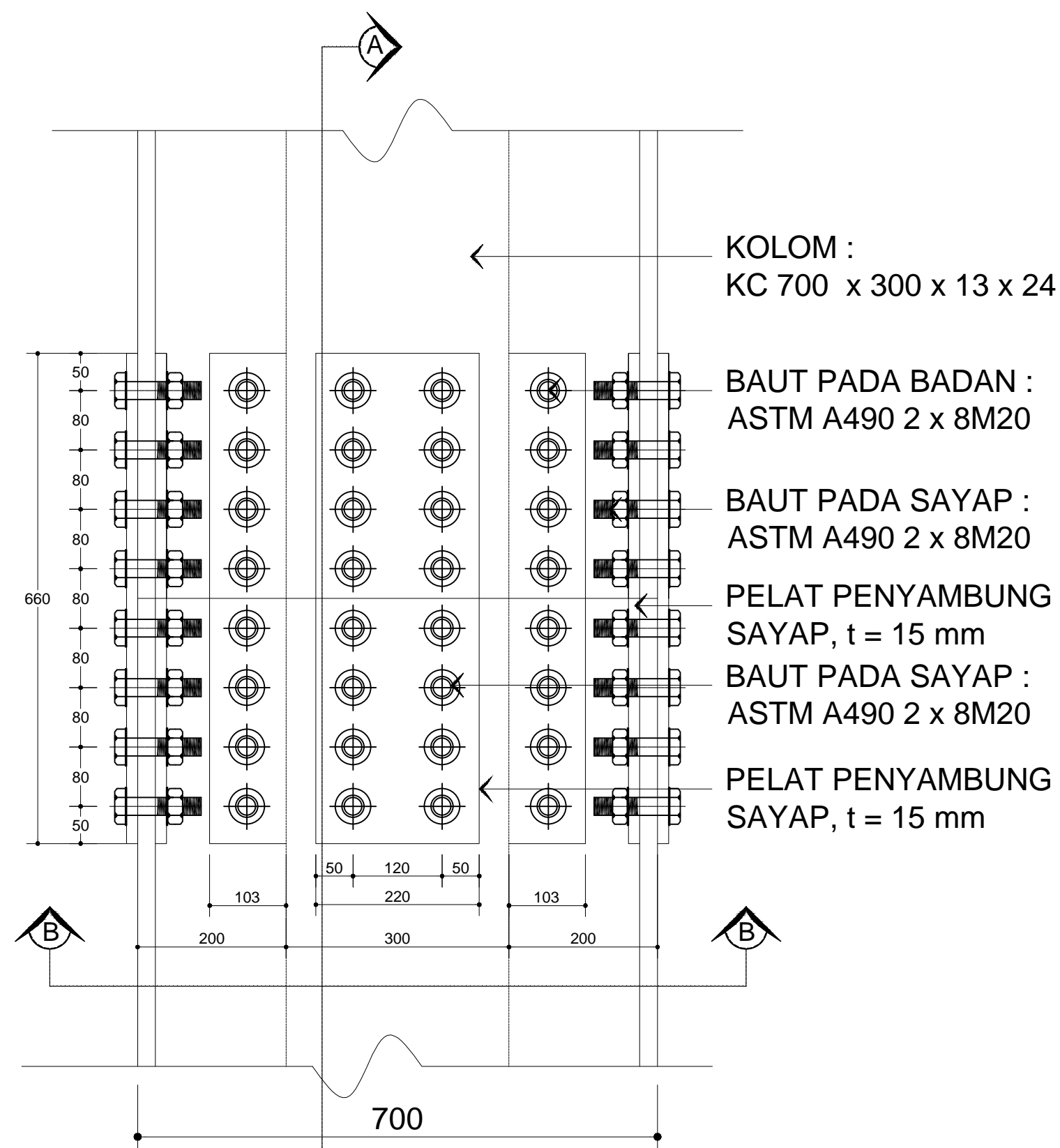
DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u_b} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

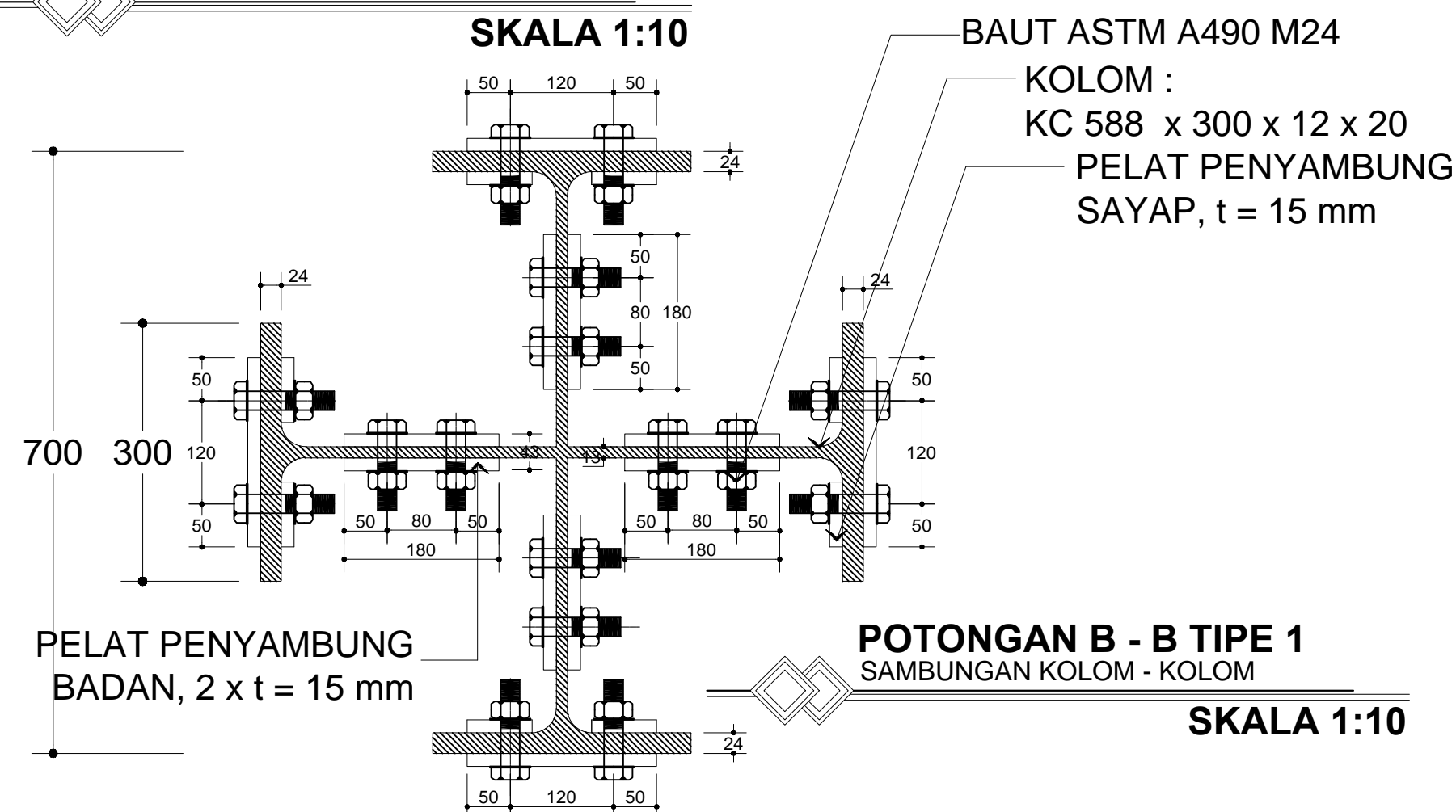
NAMA GAMBAR		SKALA
-Sambungan Kolom - Kolom Tipe 1 (KC 700x300x13x24)		1 : 10
-Potongan A-A Tipe 1		1 : 10
-Potongan B - B Tipe 1		1 : 10
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	81	86



POTONGAN A - A TIPE 1  
SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM

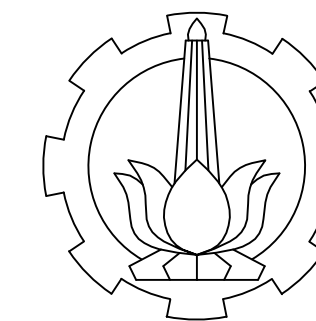
SKALA 1:10

SAMBUNGAN KOLOM & KOLOM TIPE 1  
SKALA 1:10



POTONGAN B - B TIPE 1  
SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM

SKALA 1:10



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

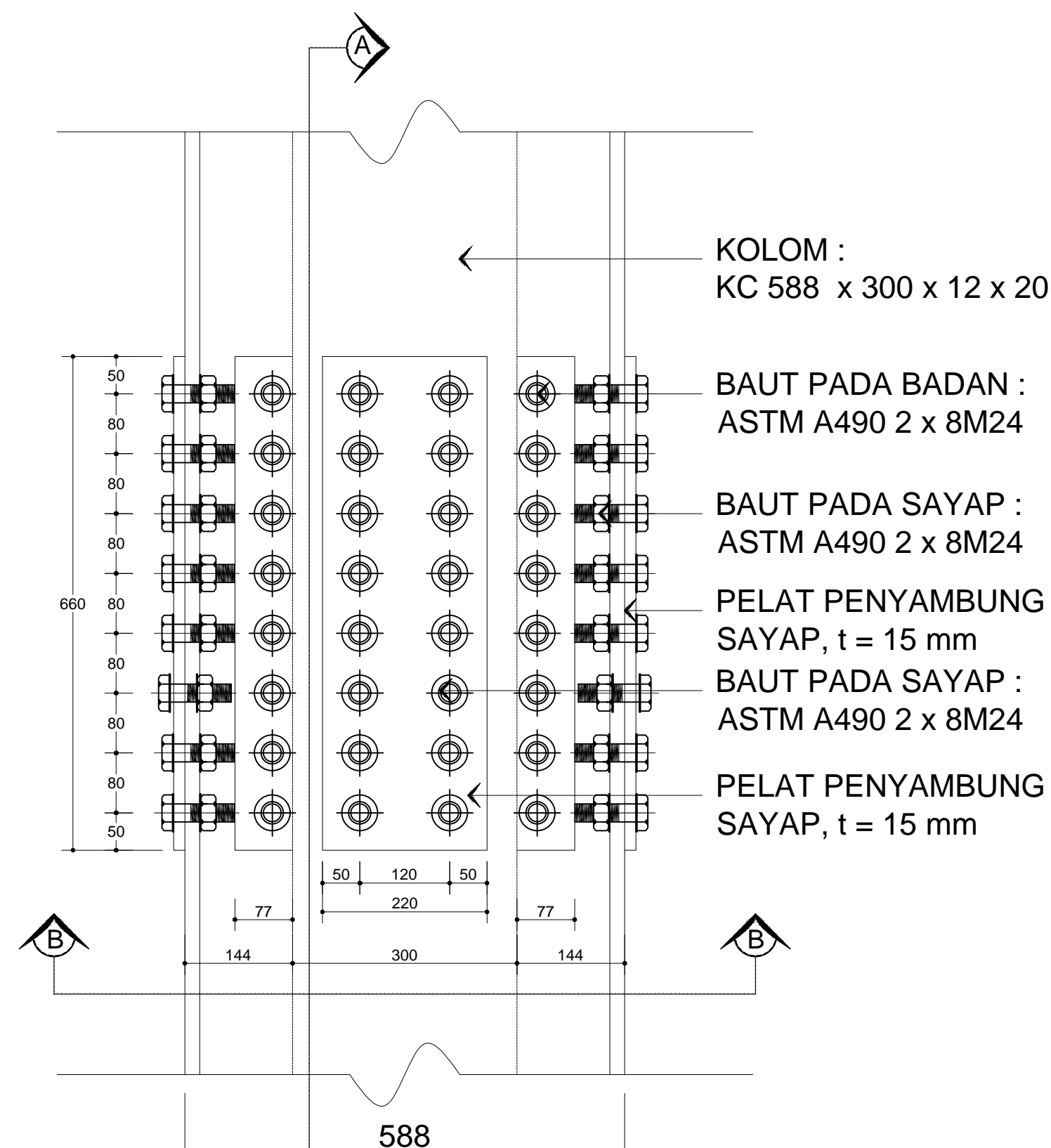
KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_{u0} = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

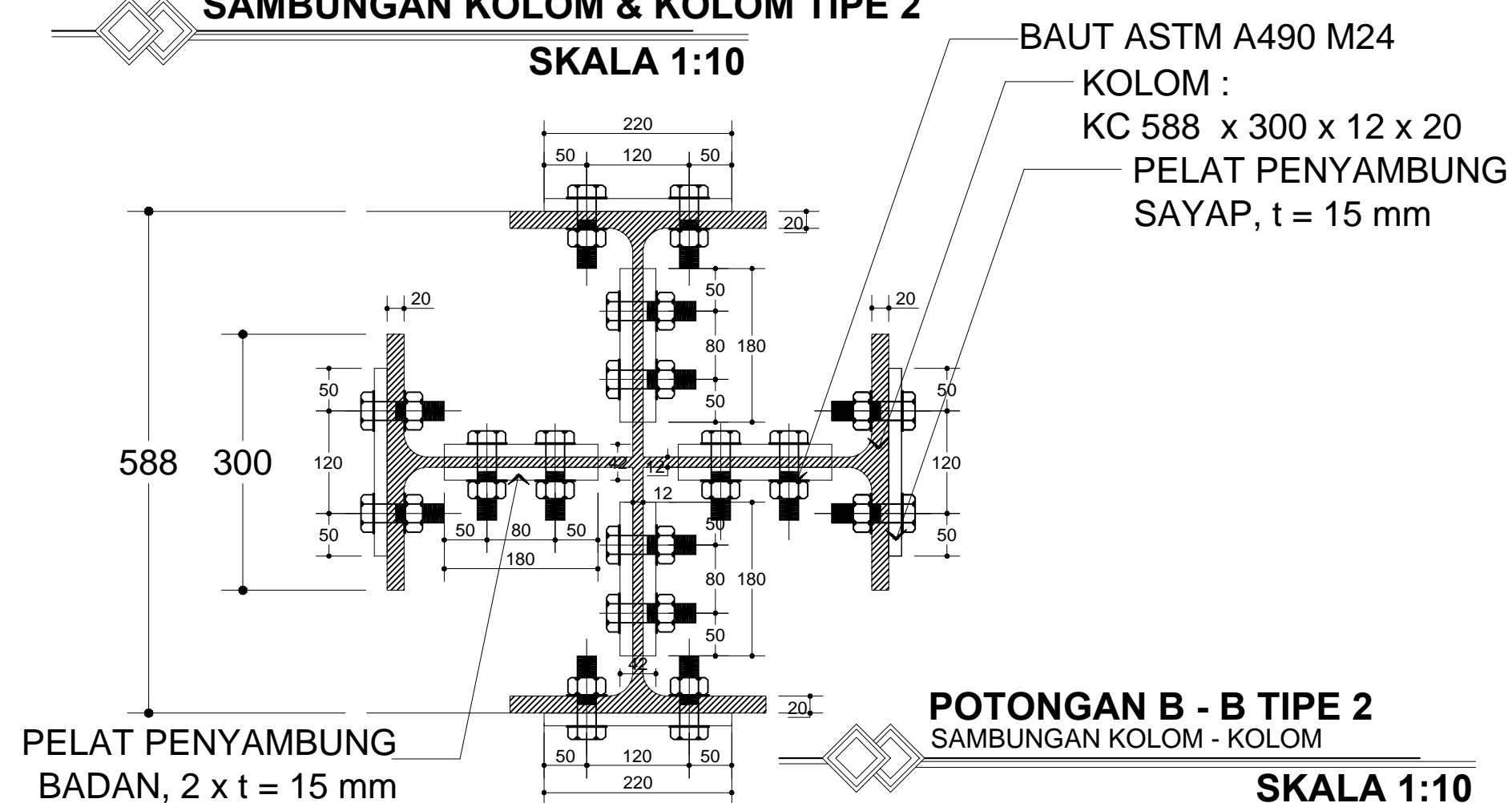
NAMA GAMBAR	SKALA
-Sambungan Kolom - Kolom Tipe 2 ( KC 588x300x12x20)	1 : 10
-Potongan A-A Tipe 2	1 : 10
-Potongan B - B Tipe 2	1 : 10

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

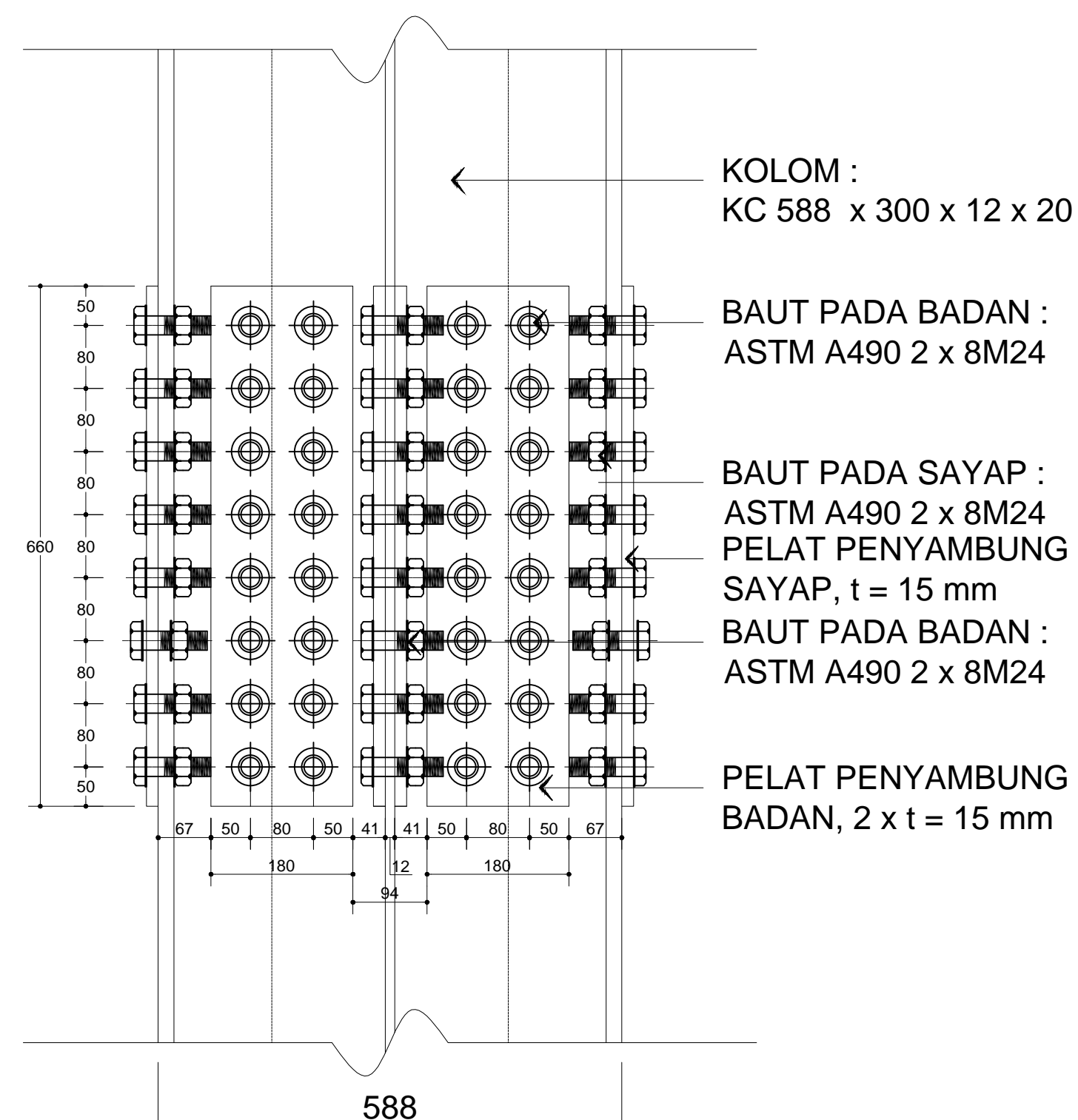
**STR 82 86**



**SAMBUNGAN KOLOM & KOLOM TIPE 2**  
**SKALA 1:10**

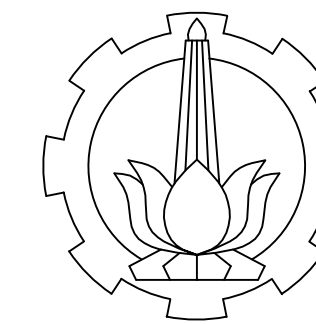


**POTONGAN B - B TIPE 2**  
**SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM**  
**SKALA 1:10**



**POTONGAN A - A TIPE 2**  
**SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM**  
**SKALA 1:10**





PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{Exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )  
1 : 10

NAMA GAMBAR

SKALA

-Sambungan Kolom - Kolom  
Tipe 3( KC 588x300x12x20 &  
KC 700x300x13x24)  
-Potongan A-A Tipe 3  
-Potongan B - B Tipe 3

1 : 10  
1 : 10

KODE  
GAMBAR

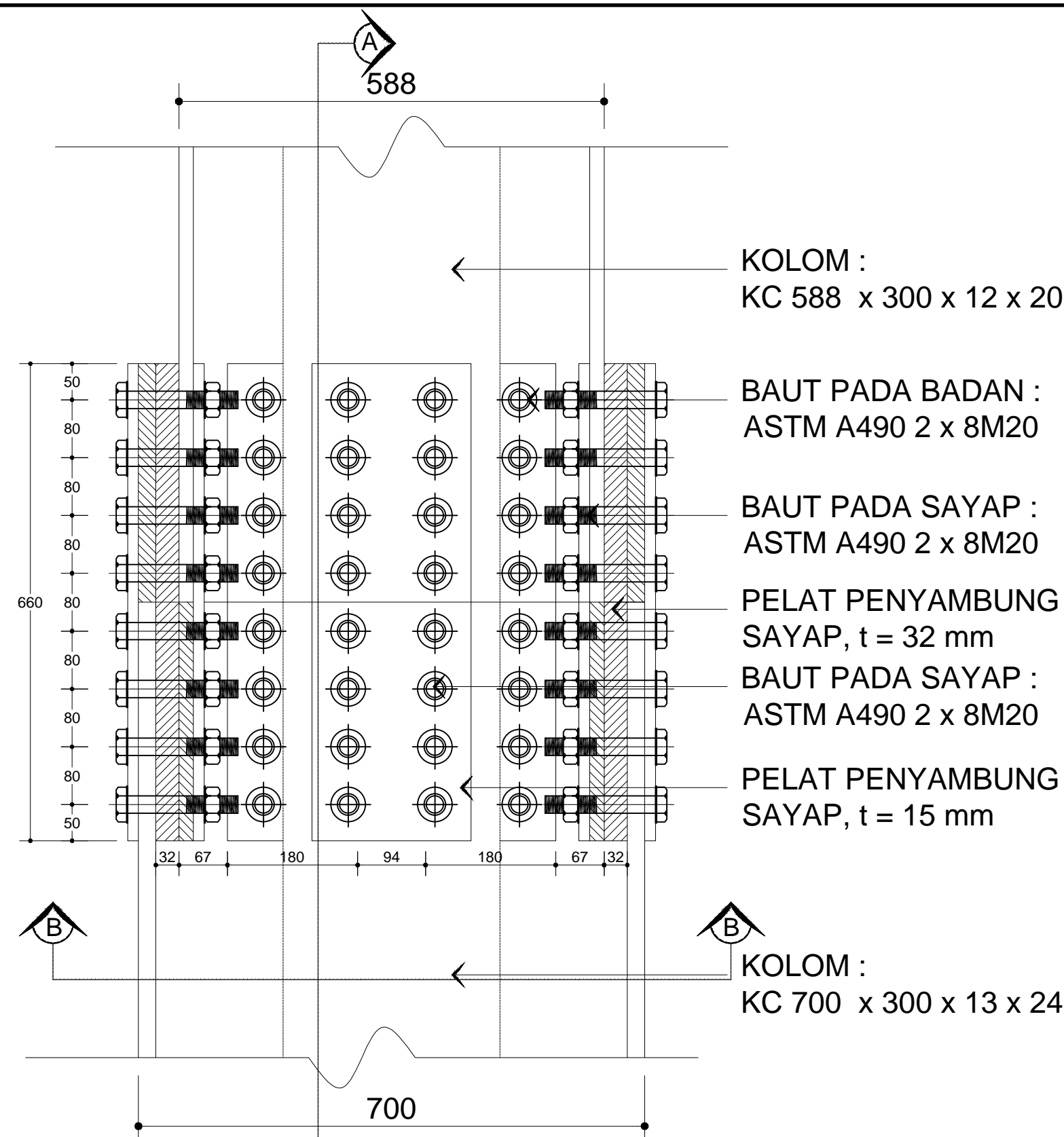
NO.  
LEMBAR

JUMLAH  
GAMBAR

**STR**

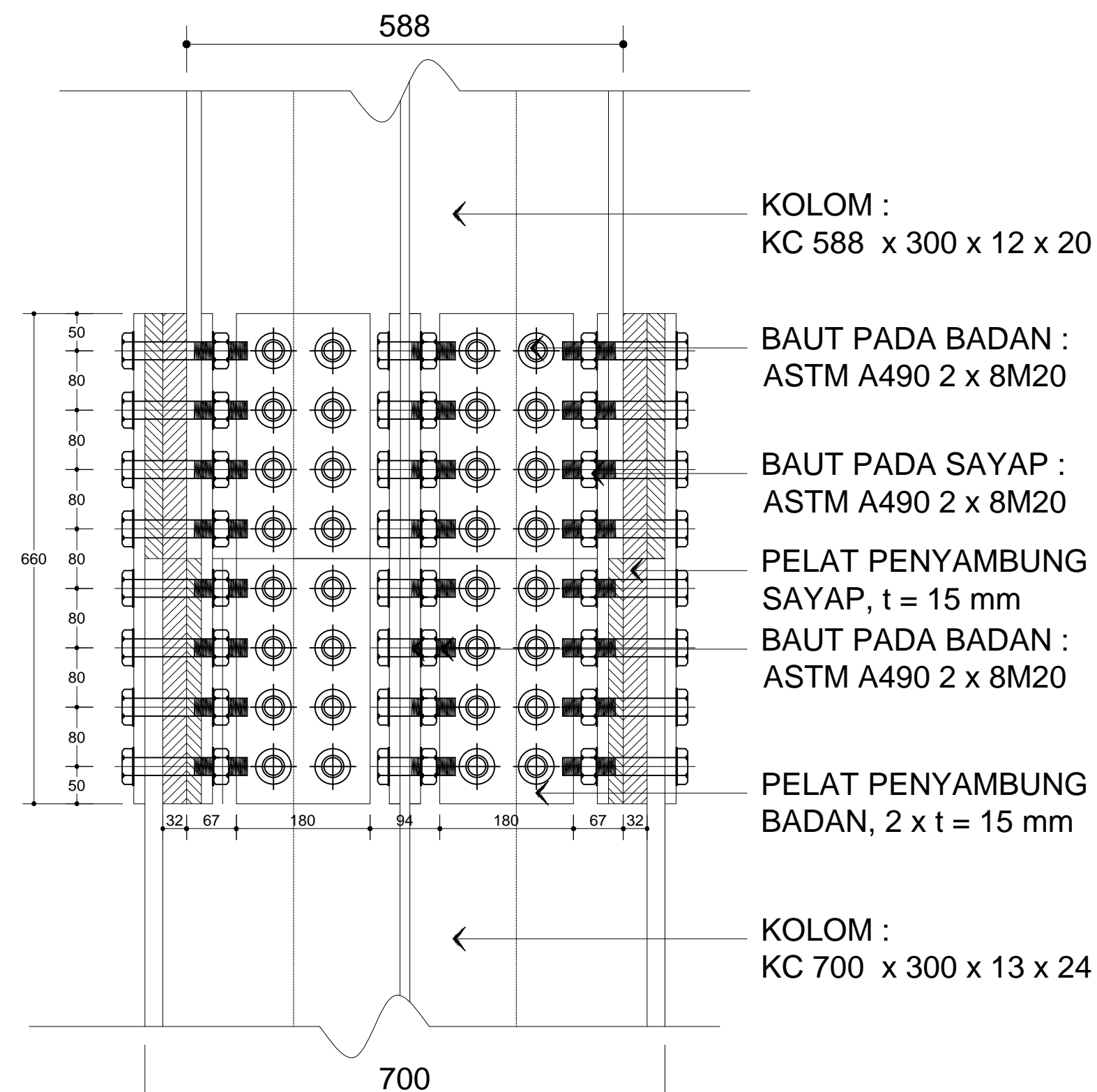
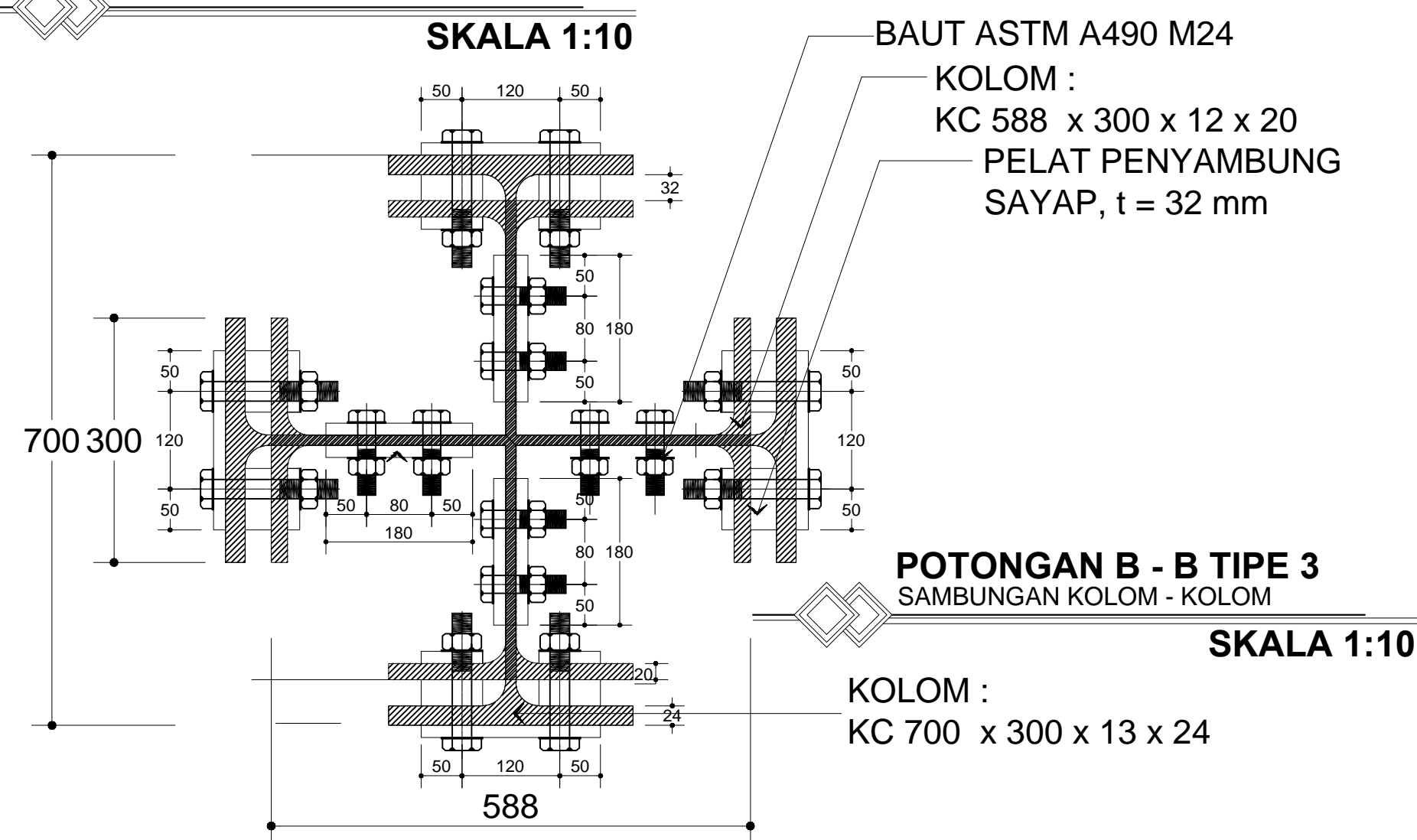
**83**

**86**



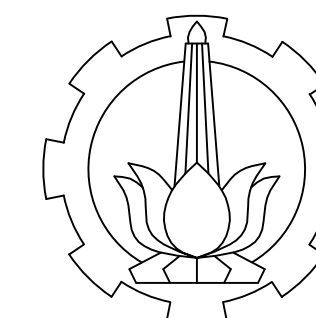
**SAMBUNGAN KOLOM & KOLOM TIPE 3**

**SKALA 1:10**



**POTONGAN A - A TIPE 3**  
SAMBUNGAN KOLOM - KOLOM

**SKALA 1:10**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

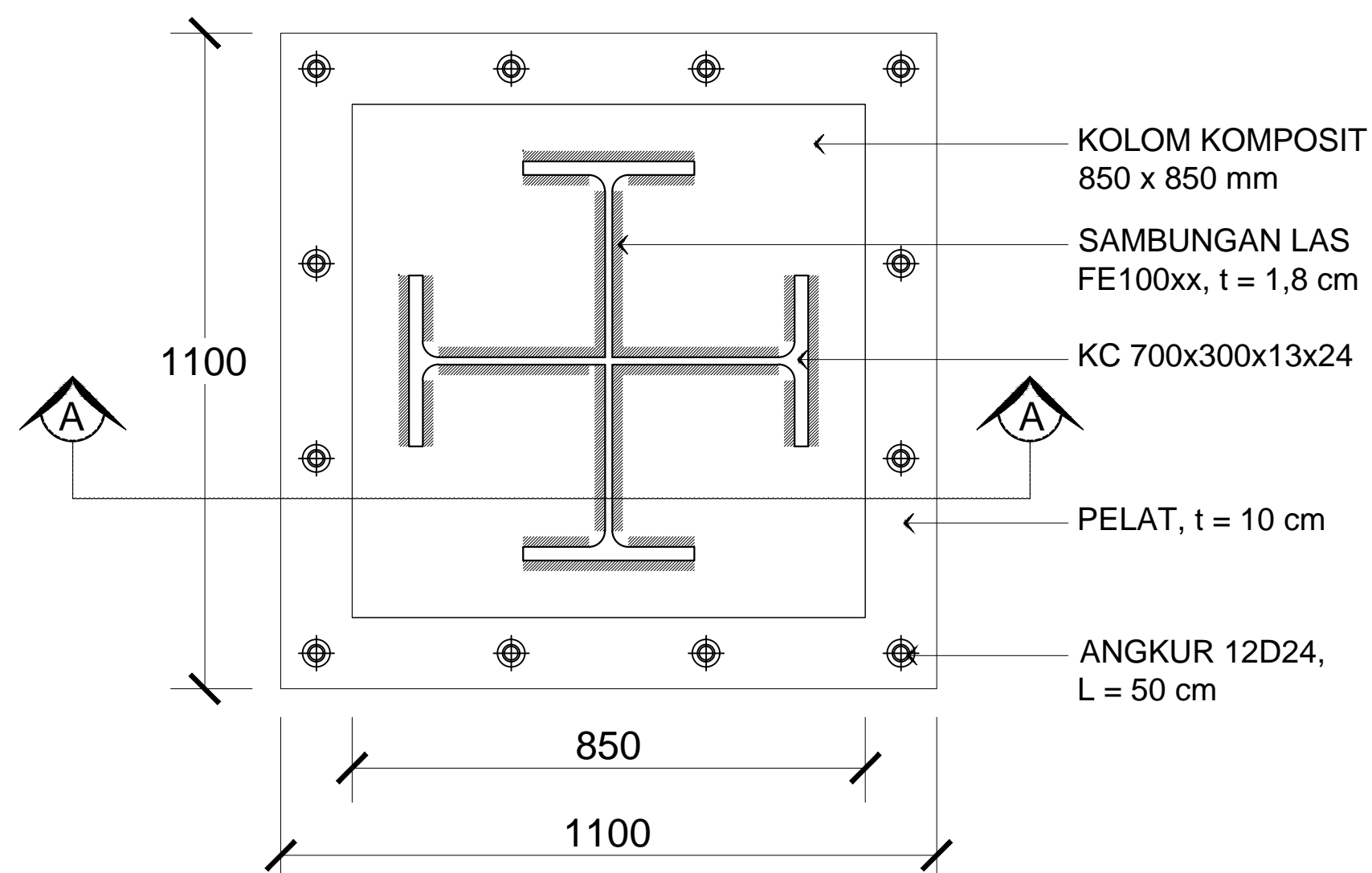
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A490,  $F_u = 113 \text{ Ksi}$   
Mutu Las : FE100xx,  $F_{exx} = 703 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 30 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-------------	-------

*Sambungan Kolom & Kolom	1 : 10
*Potongan A-A (Sambungan Kolom & Kolom)	1 : 10
*Potongan B-B (Sambungan Kolom & Kolom)	1 : 10

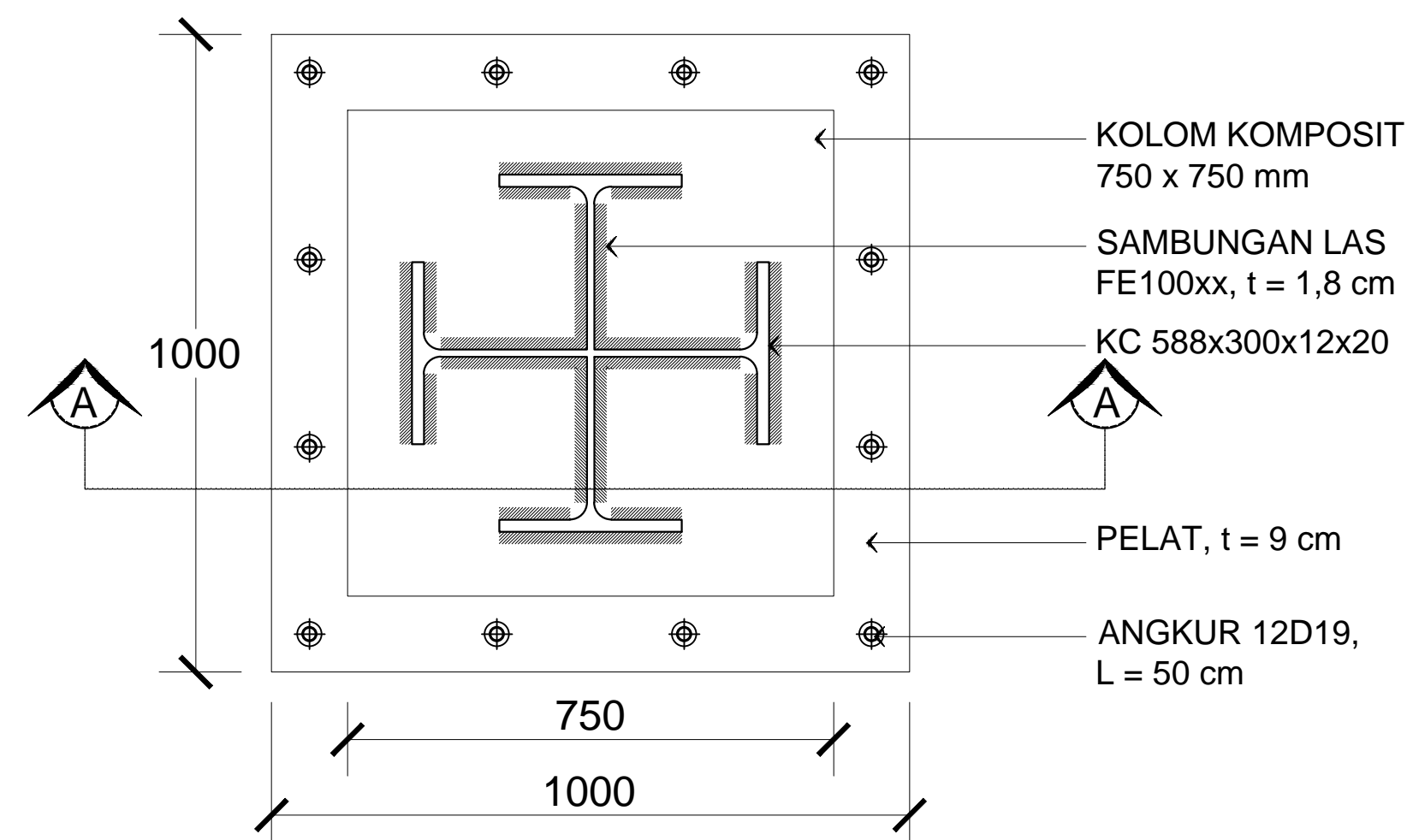
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	84	86
-----	----	----



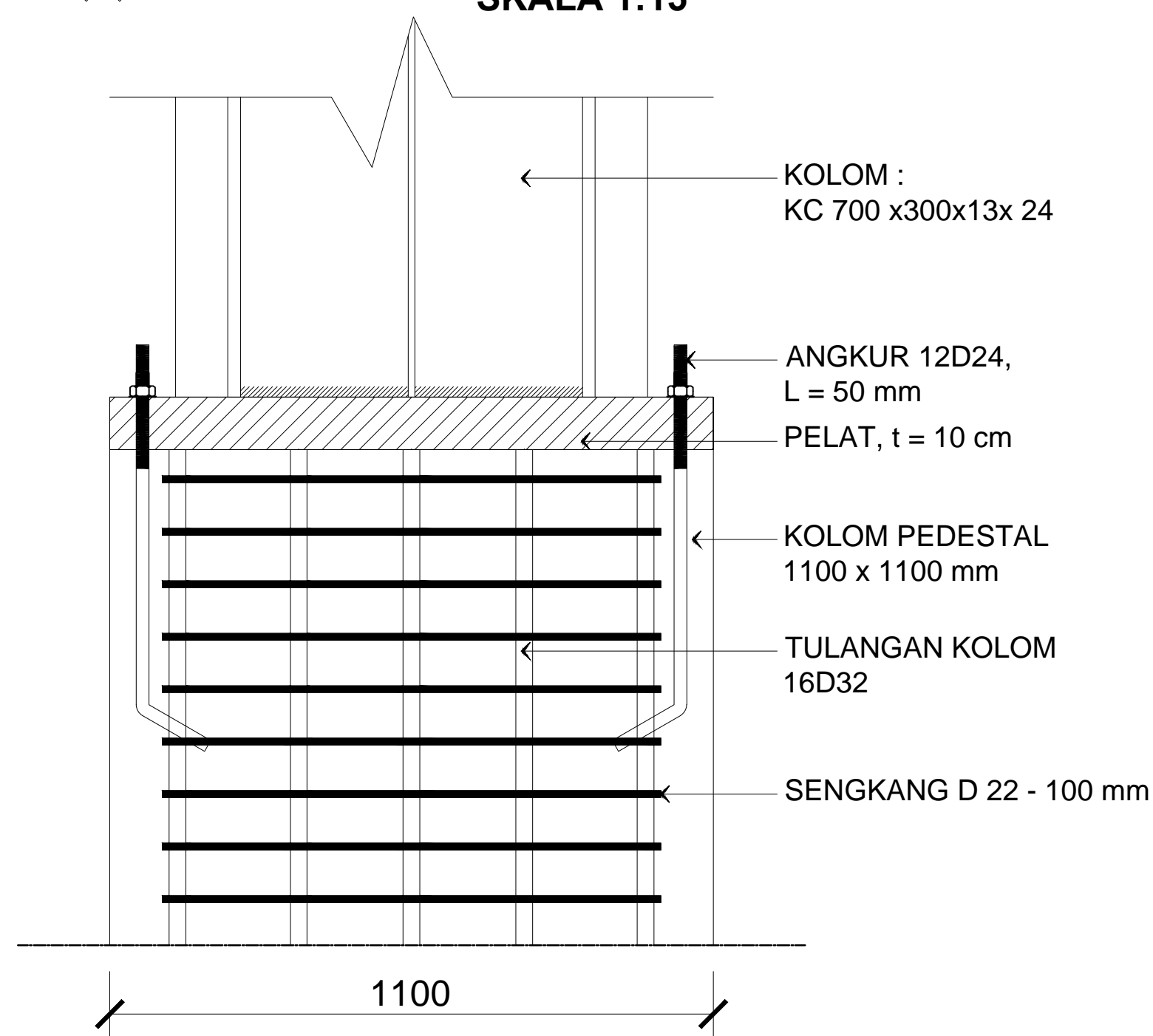
**BASE PLATE TIPE 1**

SKALA 1:15



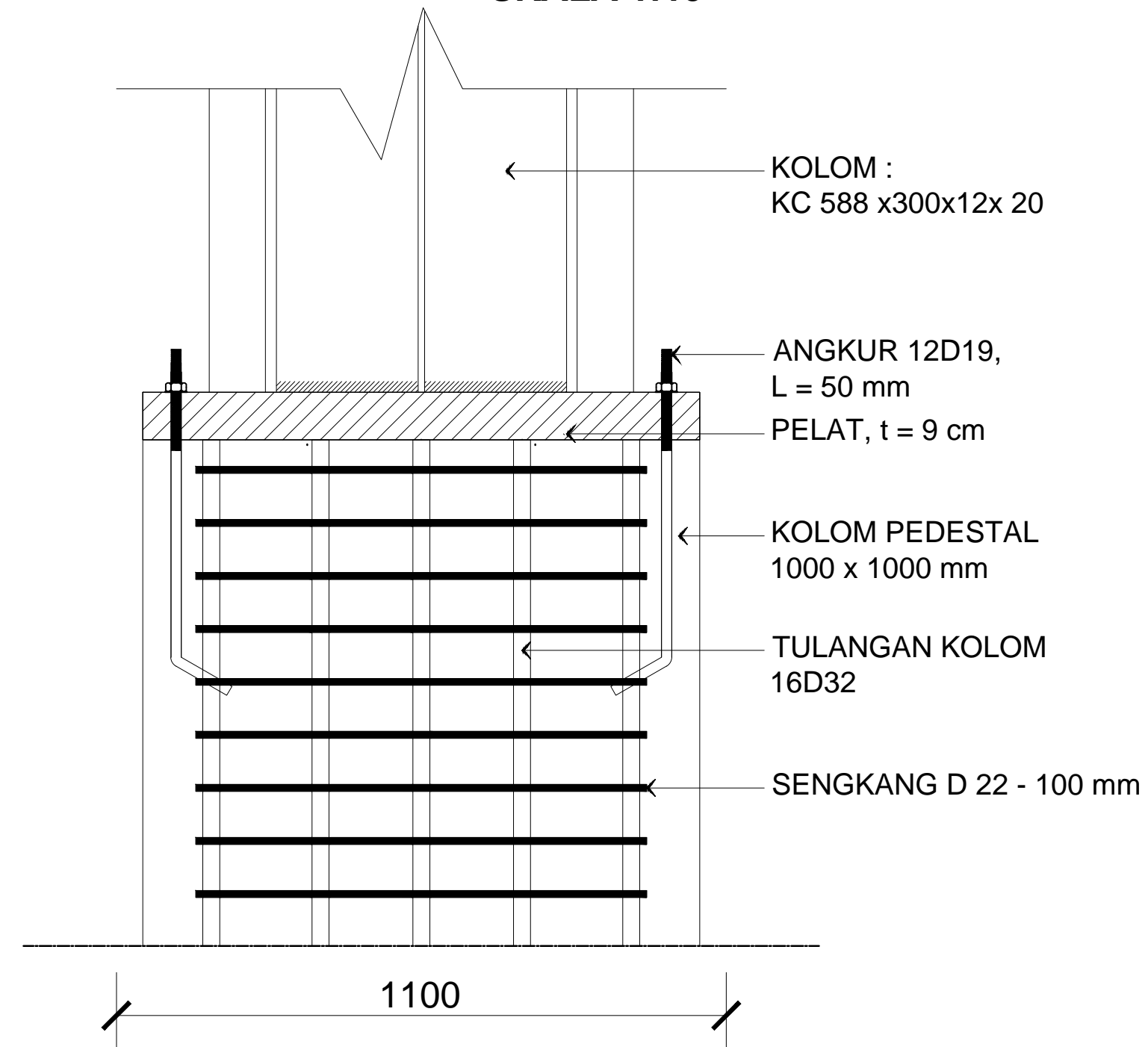
**BASE PLATE TIPE 2**

SKALA 1:15



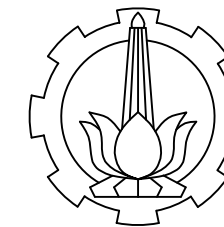
**POTONGAN A-A**  
BASE PLATE TIPE 1

SKALA 1:15



**POTONGAN A-A**  
BASE PLATE TIPE 2

SKALA 1:15



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

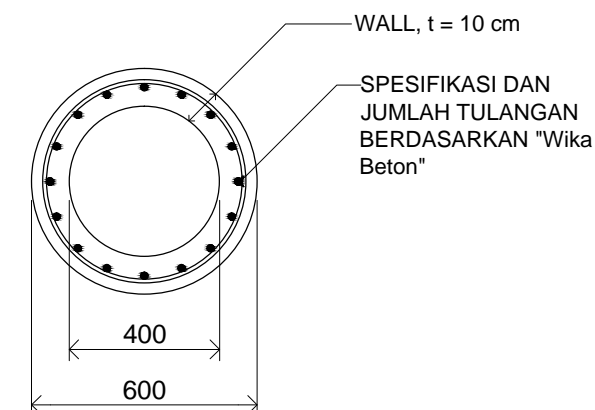
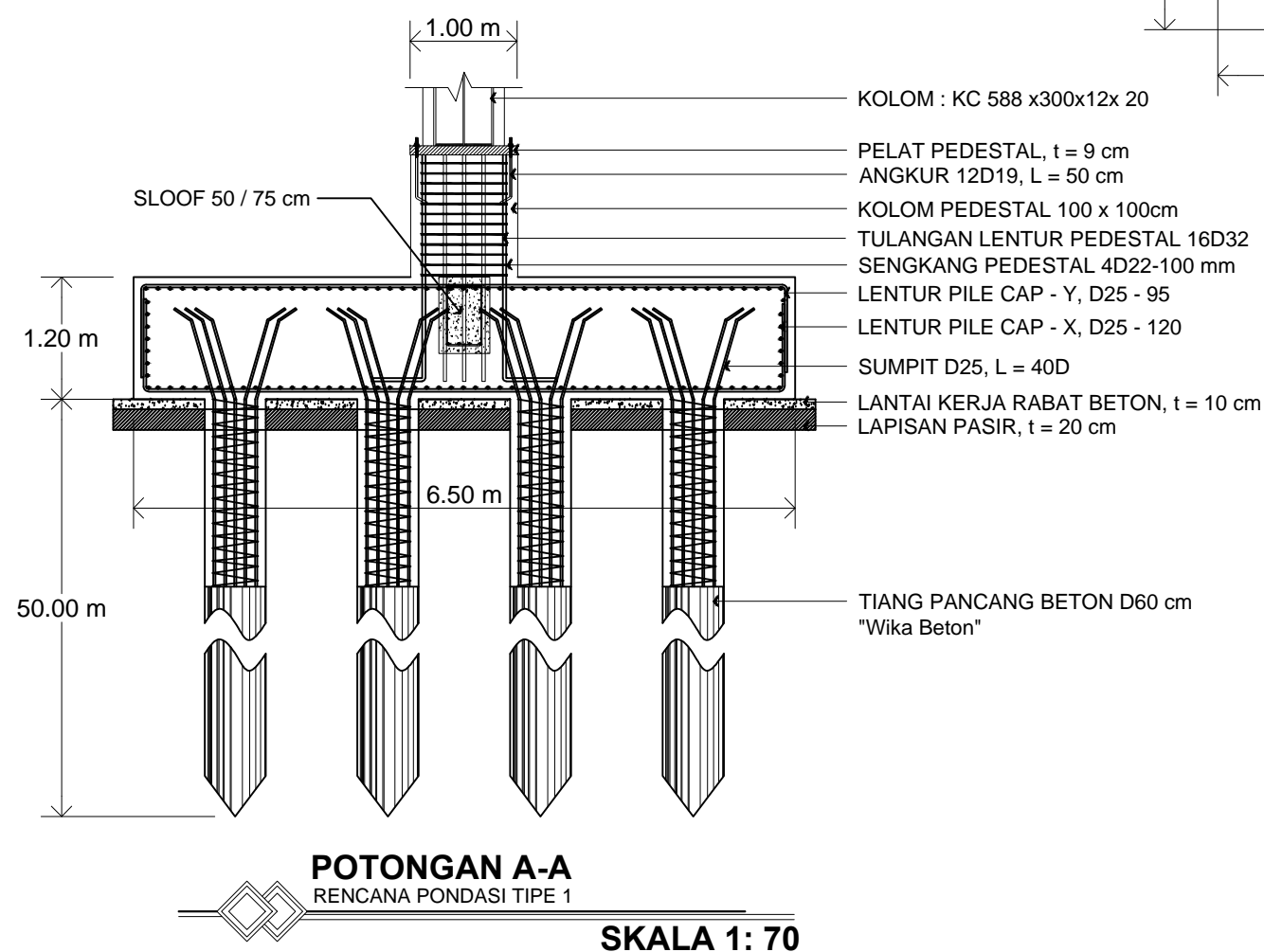
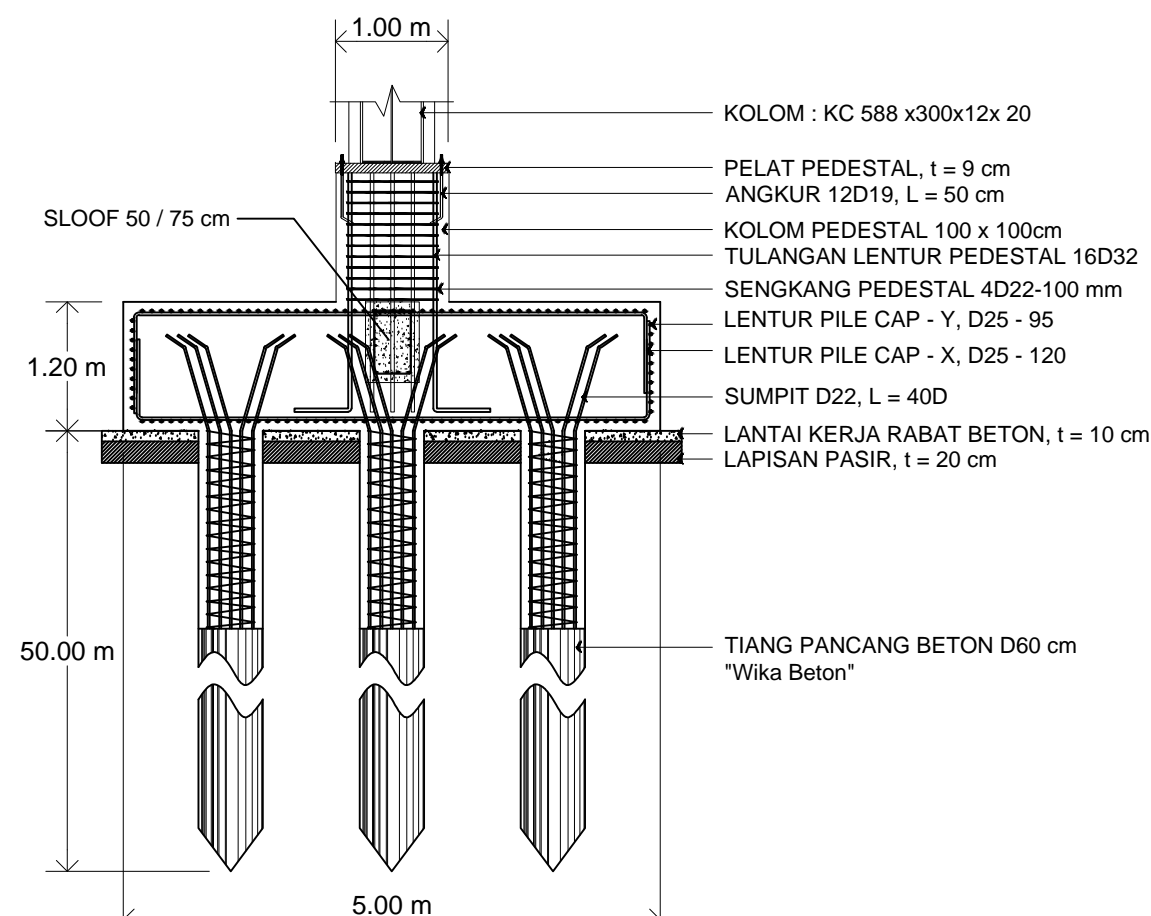
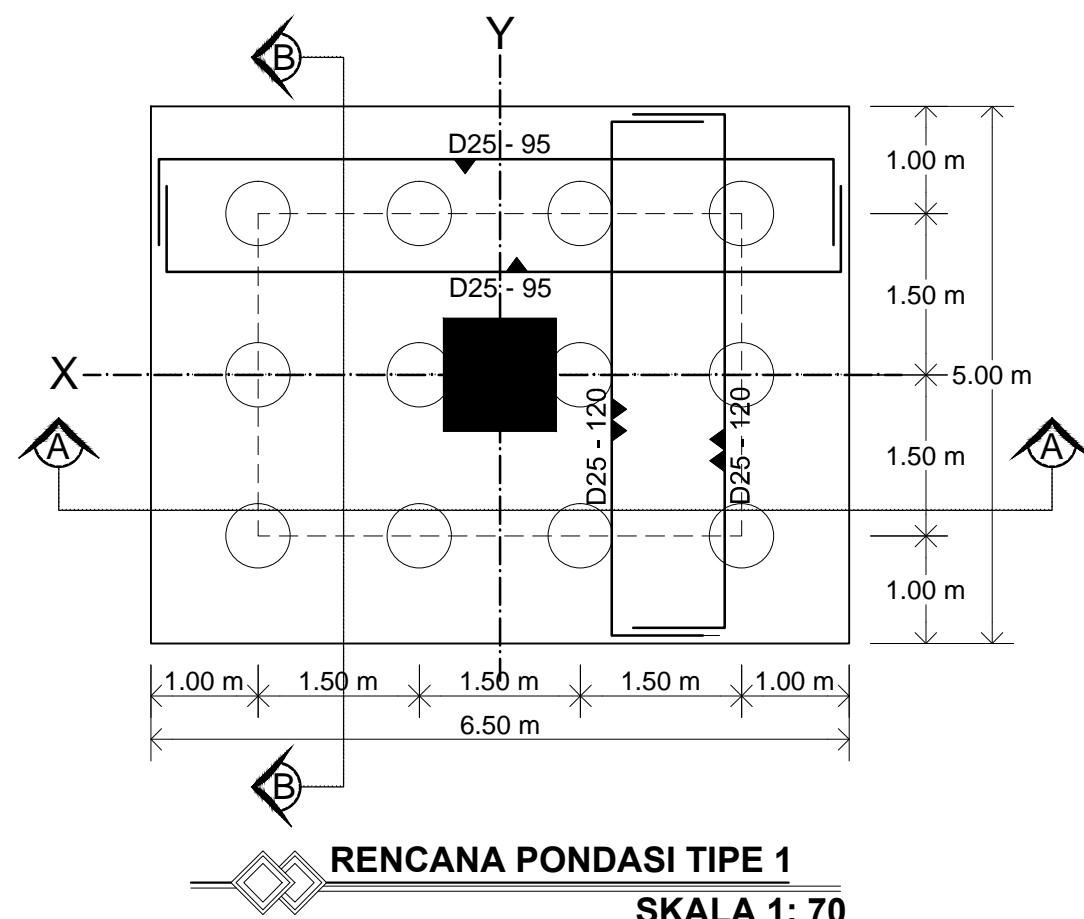
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

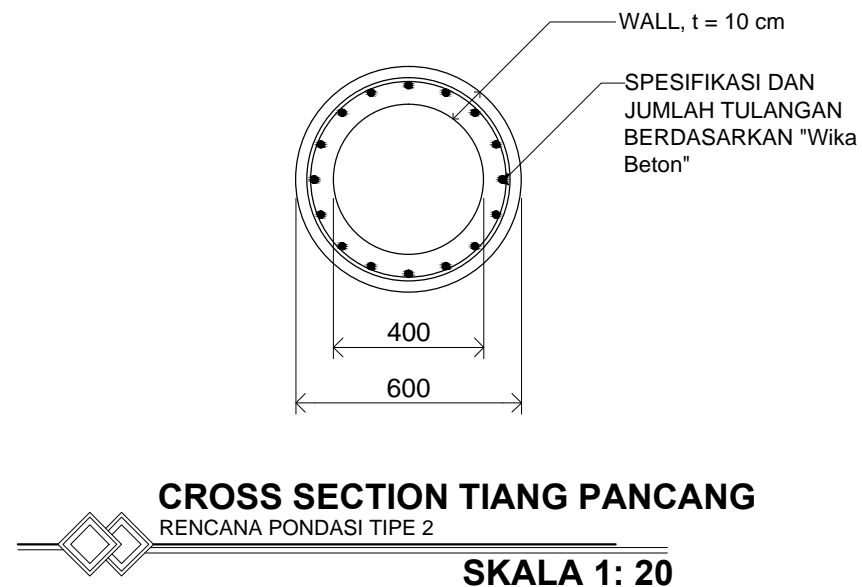
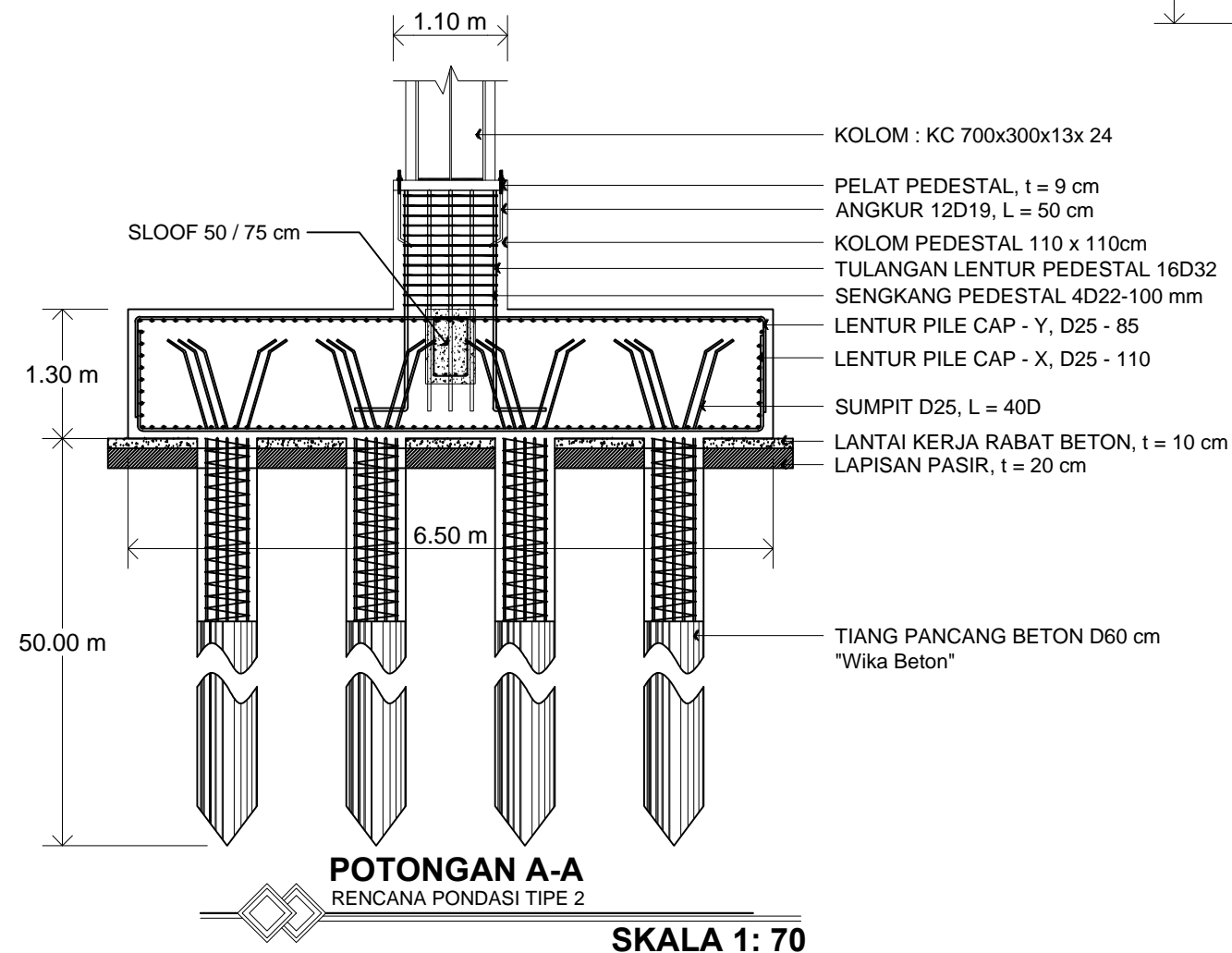
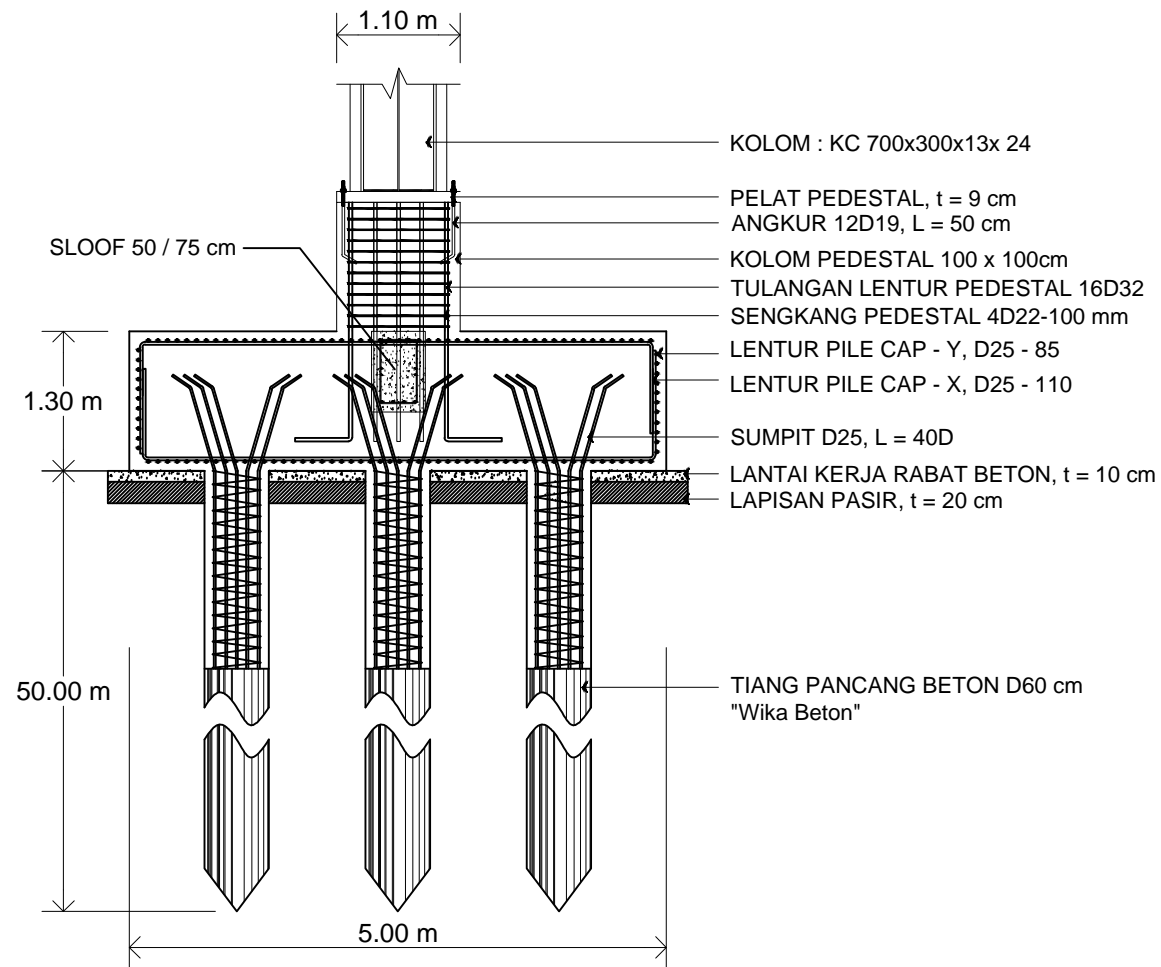
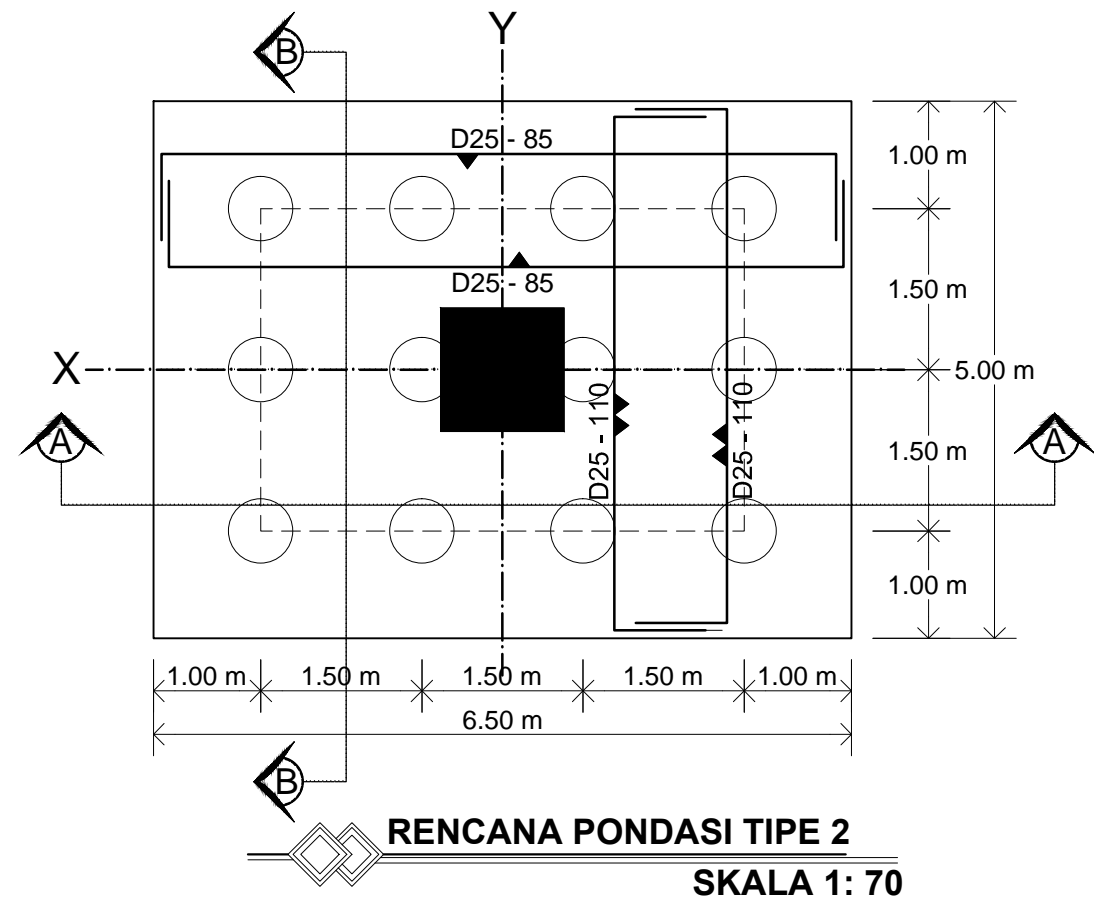
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

NAMA GAMBAR	SKALA
-Rencana Pondasi Tipe 1	1 : 70
-Potongan A-A	1 : 70
-Potongan B-B	1 : 70
-Cross Section Tiang Pancang	1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	85	90







PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

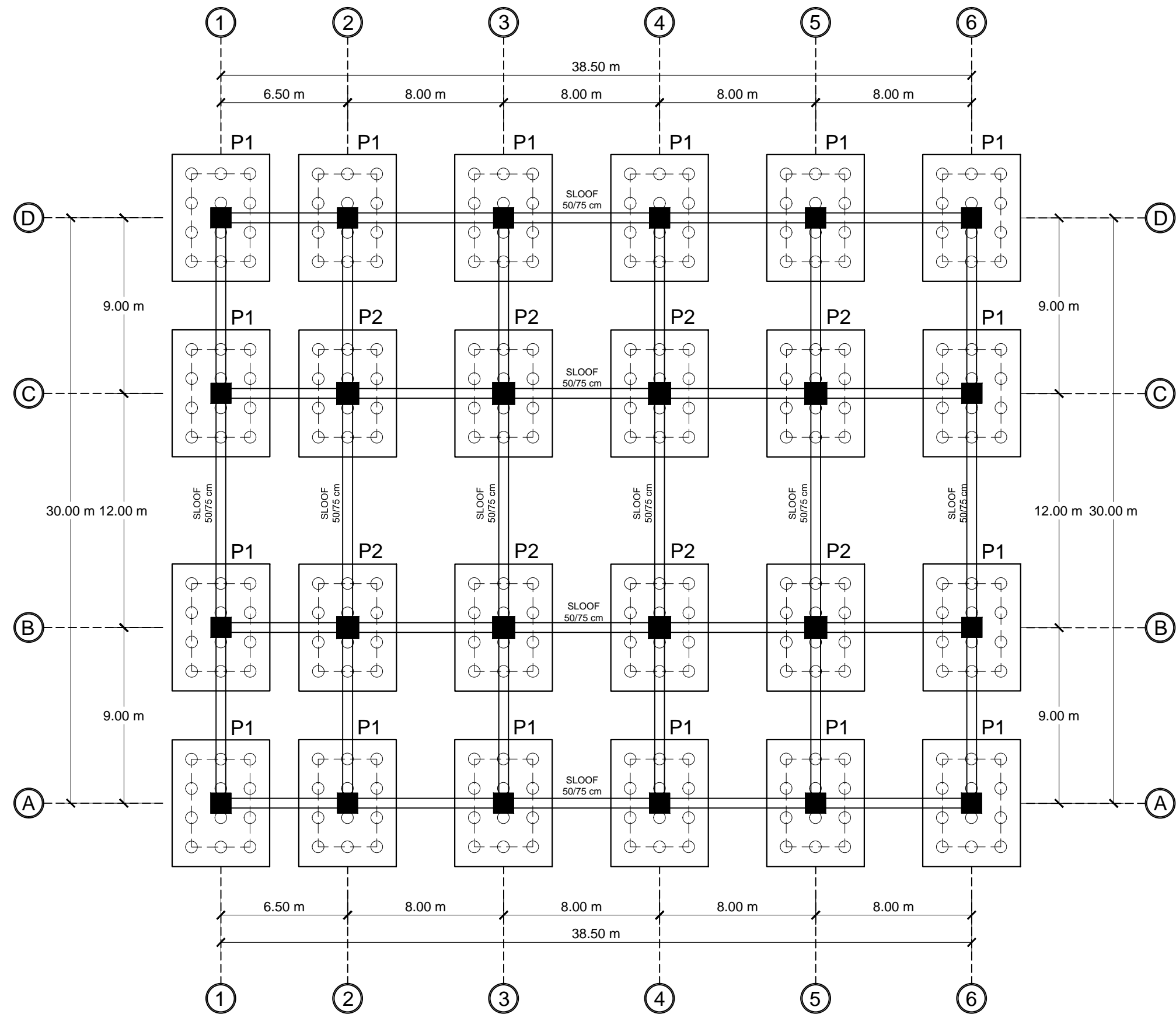
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

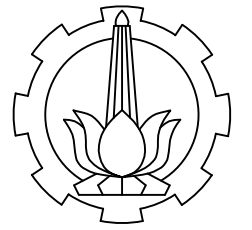
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830 \text{ MPa}$   
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR	SKALA
-Rencana Pondasi Tipe 2	1 : 70
-Potongan A-A	1 : 70
-Potongan B-B	1 : 70
-Cross Section Tiang Pancang	1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	86	90



**RENCANA PONDASI**  
**SKALA 1: 225**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830 \text{ MPa}$   
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR

-Rencana Pondasi

SKALA

1 : 225

KODE  
GAMBAR

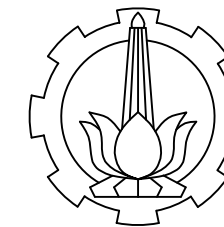
**STR**

NO.  
LEMBAR

**87**

JUMLAH  
GAMBAR

**90**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

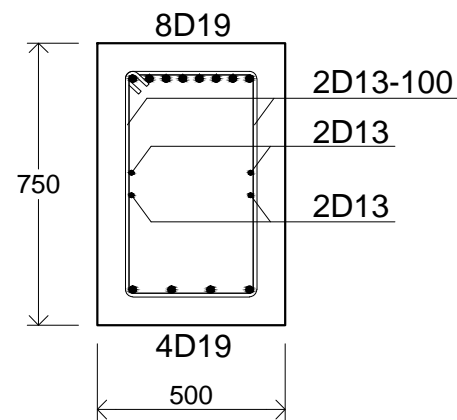
Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

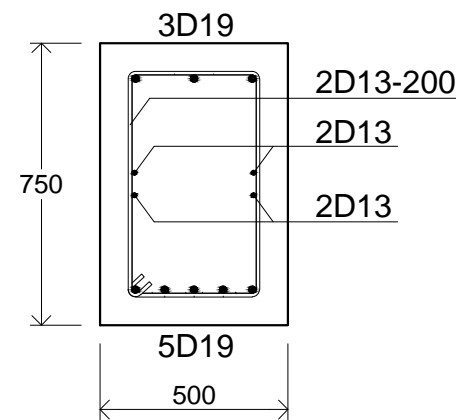
Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250 \text{ MPa}$   
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830 \text{ MPa}$   
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430 \text{ MPa}$   
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20 \text{ MPa}$ )  
- Pondasi ( $F_c' = 35 \text{ MPa}$ )

NAMA GAMBAR		SKALA
-Penulangan Sloof		1 : 40

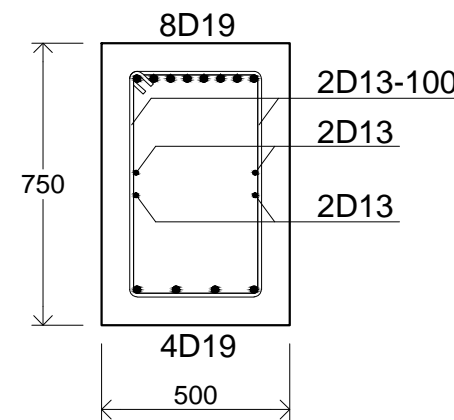
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
STR	88	90



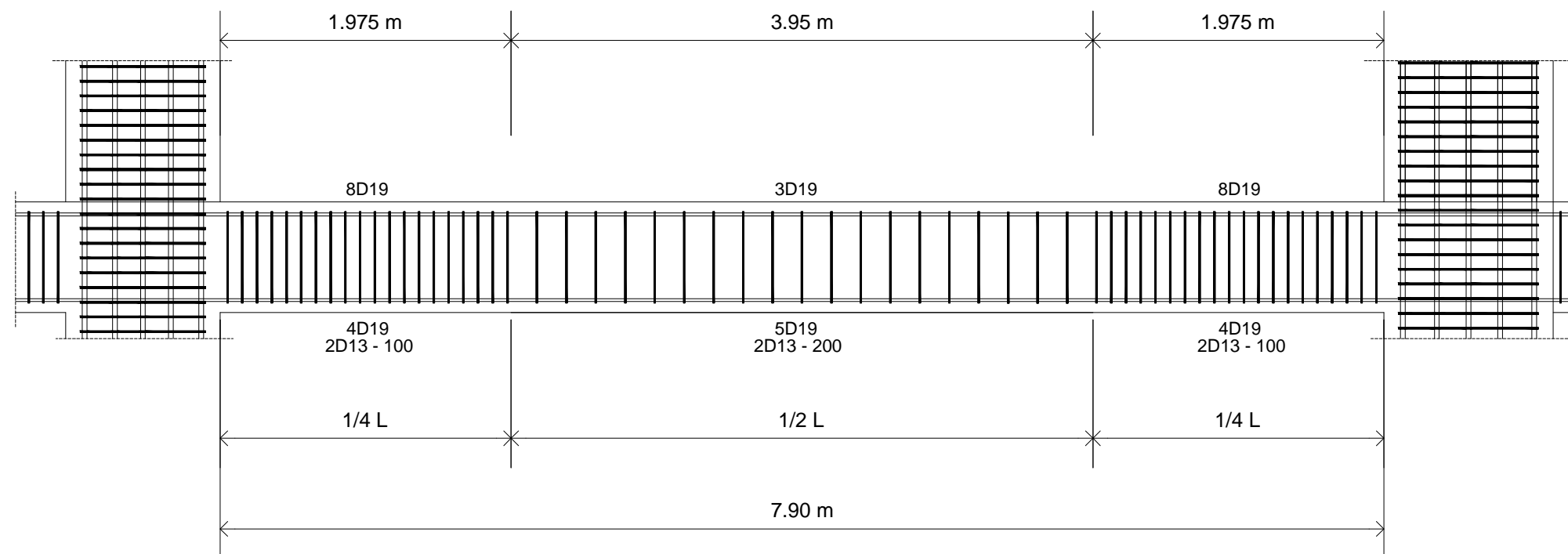
**TUMPUAN KIRI**  
SKALA 1 : 20



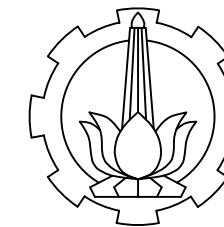
**LAPANGAN**  
SKALA 1 : 20



**TUMPUAN KANAN**  
SKALA 1 : 20



 **PENULANGAN SLOOF 50/75 cm**  
SKALA 1: 40



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PENGUJI II

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

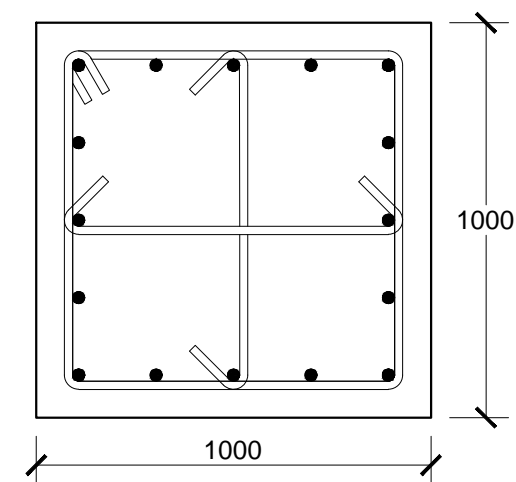
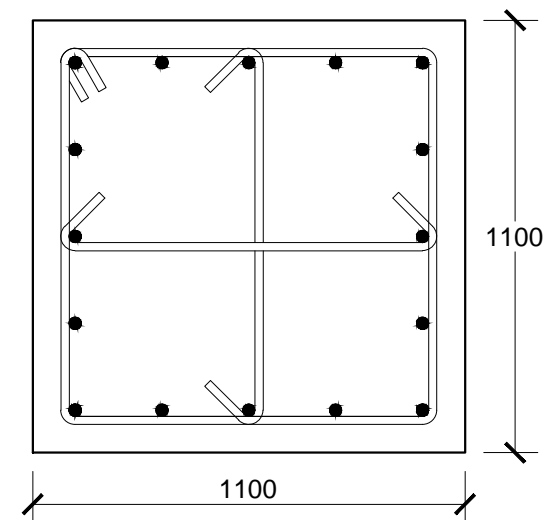
KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

NAMA GAMBAR	SKALA
Kolom Pedestal	1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>STR</b>	<b>89</b>	<b>90</b>

CROSS SECTION



TIPE

KP1

KP2

DIMENSI

1100 x 1100 mm

1000 x 1000 mm

TULANGAN LONGITUDINAL

16D32

16D32

TULANGAN TRANVERSAL

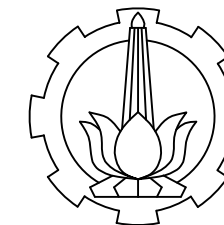
4D22 - 100

4D22 - 100

COVER

75 mm

75 mm



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA - 2018

MATA KULIAH :

PROYEK AKHIR TERAPAN  
RC146599

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN :

PERHITUNGAN STRUKTUR DAN

MENGETAHUI :

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Sungkono, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

DOSEN PENGUJI I

\_\_\_\_\_

DOSEN PENGUJI II

\_\_\_\_\_

DIGAMBAR OLEH :

Suwarni  
NRP. 3113041099

KETERANGAN :

Material Profil : JIS G3101 - SS 400  
Mutu Baja :  $F_y = 250$  MPa  
Mutu Baut : A325,  $F_u = 830$  MPa  
Mutu Las : E60xx,  $F_{Exx} = 430$  MPa  
Mutu Beton : - Plat ( $F_c' = 20$  MPa)  
- Pondasi ( $F_c' = 35$  MPa)

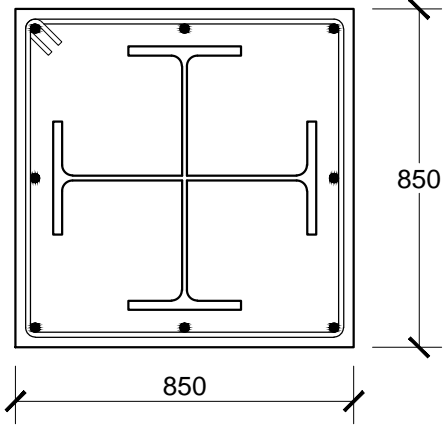
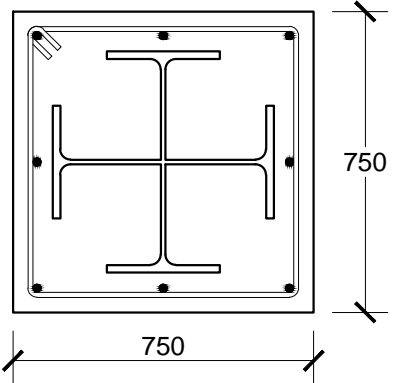
NAMA GAMBAR

Kolom Komposit

SKALA  
1 : 20

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------	------------	---------------

STR	90	90
-----	----	----

CROSS SECTION		
TIPE	K1	K2
DIMENSI	850 x 850 mm	800 x 800 mm
TULANGAN LONGITUDINAL	8D25	8D22
TULANGAN TRANVERSAL	D13 - 200 mm	D13 - 200 mm
COVER	40 mm	40 mm
PROFIL	KC 700x300x13x24	KC 588x300x12x20

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Suwarni, dilahirkan di Gresik pada tanggal 7 Oktober 1994 merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Suwaji dan Ibu Repiati.

Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SD Negeri Jombang Delik di kecamatan Balong Panggang - Gresik (2000-2006), selanjutnya melanjutkan pendidikan menengah di SMP Negeri 2 Mantup - Lamongan (2006-2009) dan SMK (STM Pembangunan) Negeri 5

Surabaya Jurusan Teknik Gambar Bangunan, selamat 4 tahun karena SMKN 5 Surabaya merupakan salah satu SMK 4 tahun di Indonesia (2009-2013). Hingga akhirnya menempuh pendidikan tinggi di Diploma IV Teknik Sipil, Departemen Infrastruktur Teknik Sipil Fakultas Vokasi ITS. Selama menempuh pendidikan tinggi penulis pernah mendapatkan Juara 1 kompetisi perencanaan jembatan gantung tingkat nasional bertajuk “Wiratman Bridge Challenge” oleh PT. Wiratman, kompetisi inilah yang mengantarkan penulis untuk mendapatkan kesempatan magang di PT. Wiratman – Jakarta Selatan. Penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitian dan keorganisasian kampus dan pernah bergabung dengan JMMA ITS Manyar.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Swis Belinn Darmo Centrum Menggunakan Struktur Baja Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK) Berdasarkan SNI 1729 : 2015”.